

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-286960

(43)Date of publication of application : 27.10.1998

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

B41J 2/16

(21)Application number : 09-291285

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 23.10.1997

(72)Inventor : HASHIZUME TSUTOMU
TAKAHASHI TETSUJI

(30)Priority

Priority number : 08282724
09 32481Priority date : 24.10.1996
17.02.1997

Priority country : JP

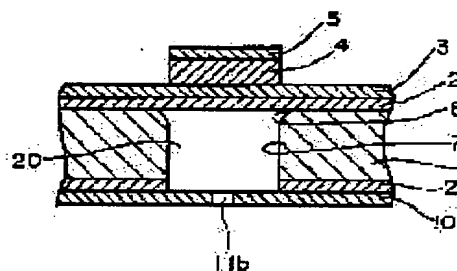
JP

(54) INK JET RECORDING HEAD AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent adverse effect on a piezoelectric element at the time of forming an ink cavity by employing a structure where the part close to the piezoelectric element in an ink cavity is formed by anisotropic dry etching.

SOLUTION: Silicon oxide 2 for diaphragm and platinum 3 for lower electrode are deposited on the first surface of a single crystal silicon substrate 1 and PZT 4 for piezoelectric element and platinum 5 for upper electrode are deposited on the platinum 3. Furthermore, an ink cavity 20 is formed at a part of the single crystal silicon substrate 1 corresponding to a region for deposition the PZT. On the other hand, a nozzle plate 10 having a nozzle opening 11b is provided on the second opposite surface of the single crystal silicon substrate 1. The ink cavity 20 is formed by anisotropic wet etching from the second surface to the vicinity of the first surface of the single crystal silicon substrate 1 and formed by anisotropic dry etching from the vicinity of the first surface to the first surface of the single crystal silicon substrate 1.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 26.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3713921

[Date of registration] 02.09.2005

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The piezo electric crystal component formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate, said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, It is a ***** ink jet type recording head. Said ink cavity The ink jet type recording head to which it is formed in even near said 2nd field to the 1st field of anisotropy wet etching, and anisotropy dry etching comes to form near [from] said 1st field to the 1st field.

[Claim 2] Said ink cavity is an ink jet type recording head according to claim 1 which the side attachment wall currently formed in the field from [near said 1st field] to the 1st field becomes from the taper which inclines towards the outside of the ink cavity concerned.

[Claim 3] Said ink cavity is an ink jet type recording head according to claim 1 which the side attachment wall currently formed in the field from [near said 1st field] to the 1st field becomes from the taper which inclines towards the inside of the ink cavity concerned.

[Claim 4] It is the ink jet type recording head according to claim 1 or 2 for which said 2nd field is crystal orientation (110), and said anisotropy wet etching uses an alkali water solution as an etching reagent.

[Claim 5] It is the ink jet type recording head according to claim 1 or 2 for which said 2nd field is crystal orientation (100), and said anisotropy wet etching uses an alkali water solution as an etching reagent.

[Claim 6] The piezo electric crystal component formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate, said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, It is the ink jet type recording head which it becomes from the taper with which it is a ***** ink jet type recording head, and the side attachment wall with which said ink cavity is formed in the field from [near said 1st field] to the 1st field inclines towards the outside of the ink cavity concerned.

[Claim 7] The piezo electric crystal component formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate, said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, It is the ink jet type recording head which it becomes from the taper with which it is a ***** ink jet type recording head, and the side attachment wall with which said ink cavity is formed in the field from [near said 1st field] to the 1st field inclines towards the inside of the ink cavity concerned.

[Claim 8] Said piezo electric crystal component of a single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which

carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of a single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, The process which is the manufacture approach of a ***** ink jet type recording head, and forms a piezo electric crystal component on said single crystal silicon substrate, The manufacture approach of the ink jet type recording head which comes to have the process which performs anisotropy dry etching alternatively continuously and forms said ink cavity after performing anisotropy wet etching in said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and a corresponding location alternatively.

[Claim 9] Said piezo electric crystal component of a single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of a single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, The process which is the manufacture approach of a ***** ink jet type recording head, and performs anisotropy wet etching to the ink cavity formation field of said single crystal silicon substrate alternatively to the predetermined depth, Said ink cavity after said anisotropy wet etching and on said single crystal silicon substrate, and the process which forms a piezo electric crystal component in a corresponding location, The manufacture approach of the ink jet type recording head which comes to have the process which performs anisotropy dry etching to the ink cavity formation field of said single crystal silicon substrate alternatively after said piezo electric crystal component formation, and forms said ink cavity.

[Claim 10] It is the manufacture approach of an ink jet type recording head according to claim 8 or 9 of performing said anisotropy wet etching in the field of a up to near said 2nd field to the 1st field, and performing said anisotropy dry etching in the field from [near said 1st field] to the 1st field.

[Claim 11] Said anisotropy wet etching is the manufacture approach of an ink jet type recording head given in any 1 term of claim 8 performed using an alkali water solution as an etching reagent while carrying out from the crystal orientation (110) side of said single crystal silicon substrate thru/or claim 10.

[Claim 12] Said anisotropy wet etching is the manufacture approach of an ink jet type recording head given in any 1 term of claim 8 performed using an alkali water solution as an etching reagent while carrying out from the crystal orientation (100) side of said single crystal silicon substrate thru/or claim 10.

[Claim 13] The process with which an etching rate fills up the quick matter to a predetermined etching reagent in said ink cavity, The process which carries out flattening of the field by the side of the 2nd [of the matter concerned with which it filled up / said] field, and the process which forms the film for nozzle plate formation on the field concerned by which flattening was carried out, The process which carries out penetration formation of two or more holes at the film for nozzle plate formation formed on said matter, the process which removes said matter through said hole, and the hole which serves as said nozzle orifice after removing the matter concerned -- the manufacture approach of an ink jet type recording head given in any 1 term of claim 8 further equipped with the process which closes the hole of an except thru/or claim 11.

[Claim 14] The piezo electric crystal component formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate, said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, The process which is the manufacture approach of a ***** ink jet type recording head, and forms a piezo electric crystal component on a single crystal silicon substrate, Said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the process which forms an ink cavity in a corresponding location, The process with which an etching rate fills up the quick matter to a predetermined etching reagent in said ink cavity, The process which carries out flattening of the field by the side of the 2nd [of the matter concerned with which it filled up / said] field, and the process which forms the film for nozzle plate formation on the field concerned by which flattening was carried out, the hole which becomes it

with said nozzle orifice after removing the matter concerned into the part formed on said matter of the film for said nozzle plate formation, the process which carries out penetration formation of two or more holes, the process which removes said matter through said hole, and -- the manufacture approach of the ink jet type recording head equipped with ** when the hole of an except was closed.

[Claim 15] While forming a piezo electric crystal component in the 1st field of a single crystal silicon substrate An ink cavity is formed in this piezo electric crystal component and a corresponding location. Further To the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate It is the manufacture approach of the ink jet type recording head which forms the nozzle plate which has the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink held in said ink cavity. The lower electrode for forming a piezo electric crystal component on said single crystal silicon substrate is formed. And before forming the piezo electric crystal thin film for forming this piezo electric crystal component The manufacture approach of the ink jet type recording head which comes to have the process which performs anisotropy dry etching alternatively and forms said ink cavity after performing anisotropy wet etching in said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and a corresponding location alternatively.

[Claim 16] The manufacture approach of an ink jet type recording head according to claim 15 of having been made to perform account wet etching of back to front which carried out the laminating of the protective coat to said lower electrode.

[Claim 17] While forming a piezo electric crystal component in the 1st field of a single crystal silicon substrate An ink cavity is formed in this piezo electric crystal component and a corresponding location. Further To the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate It is the manufacture approach of the ink jet type recording head which forms the nozzle plate which has the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink held in said ink cavity. Before performing photolithography for forming the pattern of a piezo electric crystal component on said single crystal silicon substrate, the protective coat to said wet etching is formed in the 1st page side of said silicon substrate. Subsequently The manufacture approach of the ink jet type recording head which comes to have the process which performs anisotropy dry etching alternatively and forms said ink cavity after performing anisotropy wet etching in the location corresponding to said piezo electric crystal component of this silicon substrate alternatively.

[Claim 18] Said protective coat is the manufacture approach of the ink jet type recording head according to claim 17 which comes to carry out a laminating to this after forming the lower electrode and piezo electric crystal which were formed on said silicon substrate.

[Claim 19] While forming a piezo electric crystal component in the 1st field of a single crystal silicon substrate An ink cavity is formed in this piezo electric crystal component and a corresponding location. Further To the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate It is the manufacture approach of the ink jet type recording head which forms the nozzle plate which has the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink held in said ink cavity. After forming the up electrode layer used as the outermost side for forming said piezo electric crystal component, anisotropy wet etching is alternatively performed in the location corresponding to said piezo electric crystal component of said silicon substrate. Subsequently The manufacture approach of the ink jet type recording head which performs anisotropy dry etching alternatively and forms said ink cavity.

[Claim 20] While forming a piezo electric crystal component in the 1st field of a single crystal silicon substrate An ink cavity is formed in this piezo electric crystal component and a corresponding location. Further To the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate It is the manufacture approach of the ink jet type recording head which forms the nozzle plate which has the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink held in said ink cavity. While having the process which forms an interlayer insulation film and wiring on the pattern of said piezo electric crystal component The manufacture approach of the ink jet type recording head which performs anisotropy wet etching in the location corresponding to said piezo electric crystal component of said silicon substrate

alternatively, subsequently performs anisotropy dry etching in it alternatively, and forms an ink cavity in it before forming this interlayer insulation film.

[Claim 21] The manufacture approach of an ink jet type recording head of carrying out the laminating of the protective coat after forming the pattern corresponding to said piezo electric crystal component, forming said interlayer insulation film and wiring after that while performing said anisotropy wet etching subsequently, and performing said anisotropy dry etching further.

[Claim 22] While forming a piezo electric crystal component in the 1st field of a single crystal silicon substrate Anisotropy wet etching is alternatively performed in the location corresponding to said piezo electric crystal component of this silicon substrate. Subsequently, perform anisotropy dry etching alternatively and an ink cavity is formed. To furthermore, the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate It is the approach of forming the nozzle plate which has the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink held in said ink cavity. The manufacture approach of an ink jet type recording head of carrying out the laminating of the protective coat to said wet etching on the oxide film on said silicon substrate, and subsequently coming to give this wet etching after etching the lower electrode for forming said piezo electric crystal component.

[Claim 23] While forming a piezo electric crystal component in the 1st field of a single crystal silicon substrate Anisotropy wet etching is alternatively performed in this piezo electric crystal component and a corresponding location. Subsequently, perform anisotropy dry etching alternatively and an ink cavity is formed. To furthermore, the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate It is the approach of forming the nozzle plate which has the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink held in said ink cavity. The manufacture approach of an ink jet type recording head of carrying out the laminating of the protective coat to said wet etching further, and subsequently coming to give this wet etching after covering the lower electrode for forming said piezo electric crystal component with an interlayer insulation film.

[Claim 24] While forming a piezo electric crystal component in the 1st field of a single crystal silicon substrate Anisotropy wet etching is alternatively performed in this piezo electric crystal component and a corresponding location. Subsequently, perform anisotropy dry etching alternatively and an ink cavity is formed. It is the approach of forming the nozzle plate which has the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink held in said ink cavity in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate.

Furthermore, the pattern of said piezo electric crystal component, The manufacture approach of an ink jet type recording head of carrying out the laminating of an interlayer insulation film and the protective coat for said wet etching after forming wiring, and subsequently having been made to perform said wet etching and dry etching continuously.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the ink jet type recording head which starts an ink jet type recording head and its manufacture approach, especially uses a piezo electric crystal component as a driving source of the ink regurgitation, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] There is an ink jet type recording head which used from the former the component which consists of titanite-acid lead zirconate (it is hereafter described as "PZT") as the driving source for ink regurgitation, i.e., a component which transforms electric energy into mechanical energy. Generally, this ink jet type recording head equips each part corresponding to said individual ink path top of the head pedestal in which many individual ink paths (an ink cavity, ink ****, etc.) were formed, the diaphragm attached in said head pedestal so that all individual ink paths might be covered, and this diaphragm with the PZT component which carried out covering formation, and is constituted. By adding electric field to said PZT component, and carrying out the variation rate of the PZT component, the ink jet type recording head of this configuration is designed so that the ink held in the individual ink path may be extruded from the ink delivery currently formed in the nozzle plate in which it was prepared at the individual ink path.

[0003] When it constitutes said head pedestal from a single crystal silicon substrate, the ink path according to individual is formed by performing wet etching to the single crystal silicon substrate concerned alternatively. Generally this wet etching is performed using high-concentration alkali solutions, such as 5 % of the weight - 40% of the weight of a potassium-hydroxide water solution.

[0004] Moreover, installation of said nozzle plate is performed by usually sticking on said head pedestal the sheet metal (for example, stainless plate) with which the ink delivery was beforehand formed in the predetermined location.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in case a head pedestal is formed by said wet etching, when an etching solution contacts said PZT component, there is a problem that the PZT component concerned exfoliates or damage arises. When a single crystal silicon substrate is specifically etched, using an alkali water solution as an etching reagent so that even a diaphragm may reach, it is the terminal point of etching, and this alkali water solution or an etching resultant penetrates a diaphragm, and there is a problem of giving a damage to a PZT component.

[0006] Moreover, the approach of forming a nozzle plate by sticking on said head pedestal the sheet metal with which the ink delivery was beforehand formed in the predetermined location has a complicated assembly, and has the problem that it is difficult to mass-produce.

[0007] This invention aims at offering the ink jet type recording head which can carry out the regurgitation of the ink in large quantities at high speed while it makes it a technical problem to solve such a conventional trouble and is equipped with a reliable piezo electric crystal component. Moreover, it has a reliable piezo electric crystal component, and aims at offering the

ink jet type recording head which carries out the regurgitation of a slight quantity of the ink to a high speed, and its manufacture approach. Moreover, it aims at offering the manufacture approach of the ink head type recording head which can carry out the regurgitation of the ink in large quantities at high speed, without having a bad influence on a piezo electric crystal component. Furthermore, a nozzle plate can be formed easily and it aims at offering the manufacture approach of the ink head type recording head which can be mass-produced.

[0008] As this invention performs wet etching which affects a component to the optimal timing on ink jet type recording head manufacture, it aims at offering the approach that an ink jet type recording head equipped with a reliable piezoelectric device can be manufactured further again.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The piezo electric crystal component by which this invention was formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate in order to attain this purpose, Said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, It is a ***** ink jet type recording head. Said ink cavity The ink jet type recording head in which it is formed in even near said 2nd field to the 1st field of anisotropy wet etching, and anisotropy dry etching comes to form near [from] said 1st field to the 1st field is offered. The dependability of a piezo electric crystal component can be improved by making an ink jet type recording head such a configuration.

[0010] Moreover, with constituting the side attachment wall currently formed in the field from [near said 1st field of said ink cavity] to the 1st field from a taper which turns and inclines to the outside of the ink cavity concerned, although the compliance of the wall of an ink cavity hardly changes to the former in addition to said advantage, compliance of the piezo electric crystal component which serves as the diaphragm can be enlarged. Therefore, the large amount of displacement of a piezo electric crystal component can be taken, and the regurgitation of the ink can be carried out in large quantities at high speed.

[0011] If constituted from a taper which turns the side attachment wall currently formed in the field from [near said 1st field of said ink cavity] to the 1st field inside the ink cavity concerned, and inclines on the other hand, in addition to said advantage, it will be large in the inertance of the ink held in the ink cavity, and compliance of a piezo electric crystal component can be further made small. Therefore, even if the amount of displacement of a piezo electric crystal component is small, the regurgitation of the very small ink can be carried out very much to a high speed. For this reason, a high definition print higher-density than before is realizable.

[0012] Moreover, said 2nd field is crystal orientation (110), and an alkali water solution can be used for it as an etching reagent of said anisotropy wet etching.

[0013] Or said 2nd field is crystal orientation (100), and an alkali water solution can be used for it as an etching reagent of said anisotropy wet etching again. In addition, in this specification, an inclined plane shall include with a "taper" what has a curved surface.

[0014] Moreover, the piezo electric crystal component by which this invention was formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate, Said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, It is a ***** ink jet type recording head, and said ink cavity offers the ink jet type recording head which the side attachment wall currently formed in the field from [near said 1st field] to the 1st field becomes from the taper which inclines towards the outside of the ink cavity concerned.

[0015] And the piezo electric crystal component by which this invention was formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate again, Said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal

silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, It is a ***** ink jet type recording head, and said ink cavity offers the ink jet type recording head which the side attachment wall currently formed in the field from [near said 1st field] to the 1st field becomes from the taper which inclines towards the inside of the ink cavity concerned.

[0016] Moreover, the piezo electric crystal component by which this invention was formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate, Said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, The process which is the manufacture approach of a ***** ink jet type recording head, and forms a piezo electric crystal component on a single crystal silicon substrate, The process which performs anisotropy dry etching alternatively continuously and forms an ink cavity after performing anisotropy wet etching in said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and a corresponding location alternatively, ***** — the manufacture approach of an ink jet type recording head is offered. By this manufacture approach, the ink jet type recording head which can carry out the regurgitation of the ink at high speed can be obtained, without causing trouble to a piezo electric crystal component.

[0017] Moreover, the process to which this invention performs anisotropy wet etching to the ink cavity formation field of said single crystal silicon substrate alternatively to the predetermined depth, Said ink cavity after said anisotropy wet etching and on said single crystal silicon substrate, and the process which forms a piezo electric crystal component in a corresponding location, Anisotropy dry etching is alternatively performed to the ink cavity formation field of said single crystal silicon substrate after said piezo electric crystal component formation, and the manufacture approach of the ink jet type recording head which comes to have the process which forms an ink cavity is offered. By this manufacture approach, anisotropy wet etching can be performed to the single crystal silicon substrate before a piezo electric crystal component is formed. Therefore, a piezo electric crystal component does not receive damage during this anisotropy wet etching. Moreover, it is not necessary to form the protective coat to anisotropy wet etching in a piezo electric crystal component. For this reason, a production process can be simplified while the dependability of a piezo electric crystal component improves.

[0018] Said anisotropy wet etching is performed in the field of a up to near said 2nd field to the 1st field, and it is suitable for said anisotropy dry etching to carry out in the field from [near said 1st field] to the 1st field.

[0019] And said anisotropy wet etching can be performed again, using an alkali water solution as an etching reagent while carrying out from the crystal orientation (110) side of said single crystal silicon substrate.

[0020] Or said anisotropy wet etching can be performed again, using an alkali water solution as an etching reagent while carrying out from the crystal orientation (100) side of said single crystal silicon substrate.

[0021] Moreover, the process with which said manufacture approach fills up amorphous silicon in an ink cavity, The process which carries out flattening of the field by the side of the 2nd [of the amorphous silicon concerned with which it filled up / said] field, The process which carries out penetration formation of two or more holes at the process which forms the film for nozzle plate formation on the field concerned by which flattening was carried out, and the film for nozzle plate formation formed on said amorphous silicon, the process which removes said amorphous silicon through said hole, and the hole which serves as said nozzle orifice after removing the amorphous silicon concerned — it can have further the process which closes the hole of an except. In addition to said advantage, by this, a nozzle plate can be formed easily.

[0022] The piezo electric crystal component by which this invention was formed in the 1st field of a single crystal silicon substrate further again, Said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the ink cavity formed in the corresponding location, The nozzle plate with which the nozzle orifice which carries out the regurgitation of the ink which was prepared in the 2nd field located in the opposite side of the 1st field of said single crystal

silicon substrate, and was held in said ink cavity was formed, The process which is the manufacture approach of a ***** ink jet type recording head, and forms a piezo electric crystal component on a single crystal silicon substrate, Said piezo electric crystal component of said single crystal silicon substrate, and the process which forms an ink cavity in a corresponding location, The process filled up with amorphous silicon in said ink cavity, and the process which carries out flattening of the field by the side of the 2nd [of the amorphous silicon concerned with which it filled up / said] field, The process which carries out penetration formation of two or more holes at the process which forms the film for nozzle plate formation on the field concerned by which flattening was carried out, and the part formed on the amorphous silicon of the film for said nozzle plate formation, the process which removes said amorphous silicon through said hole, and the hole which serves as said nozzle orifice after removing the amorphous silicon concerned -- the manufacture approach of the ink jet type recording head equipped with the process which closes the hole of an except is offered. By this, a nozzle plate can be formed easily.

[0023] Furthermore, this invention offers the manufacture approach of an ink jet recording head of having adjusted the timing which introduces said wet etching to the optimal thing on the production process of a piezo electric crystal thin film.

[0024]

[Embodiment of the Invention] Next, the ink jet type recording head concerning the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0025] (Gestalt 1 of operation) The sectional view showing a part of ink jet type recording head which drawing 1 requires for the gestalt of operation of this invention, and drawing 2 are the process sectional views showing the production process of the ink jet type recording head shown in drawing 1.

[0026] the silicon oxide 2 which is a diaphragm, and the platinum film 3 which is the bottom electrode which serves both as the diaphragm are formed in the 1st field of the single crystal silicon substrate 1, and the ink jet type recording heads concerning the gestalt 1 of operation are the PZT film 4 and an upper electrode to the predetermined field on this platinum film 3 (piezo electric crystal component formation field), as shown in drawing 1 -- platinum film 5 drawing formation is carried out. Furthermore, the ink cavity 20 is formed in the part corresponding to the field in which the PZT film 4 of the single-crystal-silicon film 1 is formed. On the other hand, the nozzle plate 10 with which nozzle orifice 11b which carries out the regurgitation of the ink held in the ink cavity 20 was formed is formed in the 1st field of the single crystal silicon substrate 1, and the 2nd field of the opposite side.

[0027] It is the method (110) of a field of said single crystal silicon substrate (100) so that the wall of an ink cavity may tend to be formed of the wet etching using an alkali water solution in general perpendicularly to the principal plane of a silicon substrate. This invention can be used also in which field bearing.

[0028] the ink cavity 20 is formed even near the 2nd field to the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 by anisotropy wet etching -- having -- **** -- this part -- the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 -- receiving -- abbreviation -- it consists of perpendicular side attachment walls 7. Moreover, near [from] the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 to the 1st field is formed of anisotropy dry etching, and this part consists of taper-like side attachment walls 8 which incline towards the outside of the ink cavity 20.

[0029] Although the compliance of the side attachment walls 7 and 8 of the ink cavity 20 hardly changes to it of the conventional ink jet type recording head, since the ink jet type recording head equipped with this configuration can enlarge compliance of silicon oxide 2 and the platinum film 3, the large amount of displacement of a diaphragm can be taken. Therefore, it is a high speed and the regurgitation of the ink held in the ink cavity 20 can be carried out in large quantities. Moreover, since the side attachment wall 8 has taper structure, it can also prevent that distortion arises in the single crystal silicon substrate 1. Moreover, since near [from] said 1st field of the ink cavity 20 to the 1st field is formed of anisotropy dry etching, in case etching formation of the ink cavity 20 is carried out, the PZT film 4 and the platinum film 3 can prevent being invaded by an etching reagent and the etching resultant before and behind an etching

terminal point. Therefore, dependability can also be improved.

[0030] Next, the manufacture approach of the ink jet type recording head shown in drawing 1 is explained with reference to drawing 2.

[0031] At the process shown in drawing 2 (1), thickness forms the silicon oxide 2 which is about 1.0–2.0 micrometers by the oxidizing [thermally] method, for example all over the single crystal silicon substrate 1 with a thickness of 200 micrometers. Next, thickness forms the platinum film 3 which is about 0.2–1.0 micrometers in the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 in which silicon oxide 2 was formed by the spatter. Subsequently, thickness forms the PZT film 4 which is about 0.5–5.0 micrometers by the sol-gel method or the spatter on this platinum film 3. Next, thickness forms the platinum film 5 which is about 0.05–0.2 micrometers by the spatter on this PZT film 4. Then, the resist film which is not illustrated is formed in the piezo electric crystal component formation field on the platinum film 5, and it etches by using this resist film as a mask.

[0032] Next, at the process shown in drawing 2 (2), it is on the silicon oxide 2 formed in the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 obtained at the process shown in drawing 2 (1), and the 2nd field located in the opposite side, and the resist film 6 is formed in parts other than the field in which the PZT film 4 was formed. Subsequently, wet etching of the silicon oxide 2 is carried out by using this resist film 6 as a mask.

[0033] Next, at the process shown in drawing 2 (3), anisotropic etching of the single crystal silicon substrate 1 is carried out by using as a mask the silicon oxide 2 by which carried out exfoliation removal of the resist film 6 formed at the process shown in drawing 2 (2), and patterning was subsequently carried out with the above. First, this anisotropy wet etching carries out etching removal of the single crystal silicon substrate 1, using a potassium hydroxide (KOH) as a solute of an etching reagent, after carrying out etching removal of the silicon oxide 2 as an etching reagent using a fluoric acid system solution. In addition, the gestalt of this operation performed etching of this single-crystal-silicon film 1 by Mr. about 180–190-micrometer Fukushima. the field which serves as the ink cavity 20 of the single crystal silicon substrate 1 according to this process — said 1st field — receiving — abbreviation — the perpendicular side attachment wall 7 was formed.

[0034] Subsequently, at the process shown in drawing 2 (4), the anisotropy wet etching performed at the process shown in drawing 2 (3) is changed to anisotropy dry etching, and the single crystal silicon substrate 1 is etched further. This anisotropy dry etching as etching gas 6 sulfur-fluoride gas, Or the organic gas containing a fluorine element or the mixed gas of the organic substance containing 6 sulfur fluorides and a fluorine element is used. Reaction pressure and the mixed rate of said mixed gas were suitably adjusted so that the side attachment wall of the ink cavity 20 after etching might become the target configuration, and it carried out until substrate temperature is exposed at a room temperature with the energy of the RF outputs 100W–2000W and silicon oxide 2 was exposed on the conditions for 5 – 30 minutes. By this anisotropy dry etching, the taper-like side attachment wall 8 which inclines towards the outside of the ink cavity 20 between a side attachment wall 7 and silicon oxide 2 was formed.

[0035] Thus, the ink cavity 20 of a configuration of having mentioned above was formed according to the process shown in drawing 2 (3) and (4). With the gestalt of this operation, since the ink cavity 20 is formed with the combination of anisotropy wet etching and anisotropy dry etching, the platinum film 3 and the PZT film 4 can prevent being invaded by an etching reagent and the etching resultant in the case of this process.

[0036] Next, amorphous (amorphous) silicon 9 is filled up with the process shown in drawing 2 (5) by the plasma-CVD method in the ink cavity 20. Subsequently, flattening of the silicon oxide 2 currently formed in the 2nd field of the single crystal silicon substrate 1 and the amorphous silicon 9 is carried out. Next, thickness forms the metal membrane 10 which is about 1.0–5.0 micrometers by the spatter as film for nozzle plate formation on the silicon oxide 2 by which flattening was carried out, and amorphous silicon 9. In addition, with the gestalt of this operation, the metal membrane 10 which consists of nickel was formed. Subsequently, the part currently formed on the amorphous silicon 9 of a metal membrane 10 is etched alternatively, and opening of two or more holes 11a–11c is carried out. In addition, these holes 11a–11c were formed so

that the hole used as a nozzle orifice might be contained in these.

[0037] Next, at the process shown in drawing 2 (6), etching removal of the amorphous silicon 9 is carried out through the holes 11a-11c formed at the process shown in drawing 2 (5). This etching was performed using the gas containing a fluorine. subsequently, the hole which serves as a nozzle orifice among Holes 11a-11c after this etching is completed -- it is closed down except 11b. Then, the desired process was performed and the ink jet type recording head of the structure shown in drawing 1 was manufactured.

[0038] In addition, with the gestalt of this operation, although thickness of the single crystal silicon substrate 1 was set to about 200 micrometers, the thickness of not only this but the single crystal silicon substrate 1 may be determined as arbitration with the size of an ink jet type recording head to manufacture etc. Moreover, the thickness of silicon oxide 2, the platinum film 3 and 5, the PZT film 4, and a metal membrane 10 may be similarly determined as arbitration.

[0039] Moreover, what is necessary is just to perform not only this but anisotropy wet etching in the completed ink jet type recording head until the air bubbles generated in the ink held in the ink cavity 20 serve as the depth which can be discharged smoothly although the gestalt of this operation explained the case where anisotropy wet etching was performed to the single crystal silicon substrate 1 to a depth of about 180-190 micrometers.

[0040] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where the film which consists of platinum as a bottom electrode was used, conductive film, such as an alloy of not only this but iridium, palladium or iridium, and platinum and a cascade screen of iridium and palladium, can be used. Furthermore, with the gestalt of this operation, although the case where the film which consists of platinum as an upper electrode was used was explained, conductive film, such as an alloy not only with this but aluminum, and silicon, copper and aluminum 2 UMU, chromium, a tungsten, and indium-stannic-acid-ized film, can be used.

[0041] And with the gestalt of this operation, as a metal membrane 10 which constitutes a nozzle plate, although the case where nickel was used was explained, not only this but duralumin, stainless steel, etc. may be used, and it may replace with a metal plate and a silicon wafer ceramics, such as a zirconia, or with the thermal oxidation film may be used again.

[0042] Although the case where it was filled up with amorphous silicon 9 in the ink cavity 20 was explained, not only this but in the ink cavity 20, an etching rate can fill up the quick matter with the gestalt of this operation in a predetermined etching reagent further again to the silicon oxide by the thermal oxidation which does not contain single crystal silicon and an impurity, a nozzle plate, a device protective coat, etc. When an etching reagent is fluoric acid, specifically, it can be filled up with PSG (silicon oxide containing ****), the silicon oxide by the plasma-CVD method, etc. Moreover, when an etching reagent is a xylene, it can be filled up with NEGAREJISUTO, and it can be filled up with POJIREJISUTO when an etching reagent is an acetone.

[0043] Moreover, the process shown in drawing 2 (5) and drawing 2 (6) which were performed with the gestalt of this operation of the ability to apply also to the head pedestal equipped with the ink cavity of other structures and the conventional structure, i.e., the production process of a nozzle plate, is natural.

[0044] (Gestalt 2 of operation) Next, the ink jet type recording head concerning the gestalt 2 of operation of this invention is explained with reference to drawing 3 and drawing 4. In addition, with the gestalt of this operation, about the same structure as the ink jet type recording head explained with the gestalt 1 of operation, the same agreement is attached and the detailed explanation is omitted.

[0045] The sectional view showing a part of ink jet type recording head which drawing 3 requires for the gestalt 2 of operation of this invention, and drawing 4 are the process sectional views showing the production process of the ink jet type recording head shown in drawing 3.

[0046] The difference on the structure of the ink jet type recording head shown in drawing 3 and the ink jet type recording head (refer to drawing 1) concerning the gestalt 1 of operation is the side-attachment-wall structure of an ink cavity. the cavity 30 of the ink jet type recording head concerning the gestalt 2 of operation is formed even near the 2nd field to the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 by anisotropy wet etching -- having -- **** -- this part -- the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 -- receiving -- abbreviation -- it consists of

perpendicular side attachment walls 7. Moreover, near [from] the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 to the 1st field is formed of anisotropy dry etching, and this part consists of taper-like side attachment walls 18 which incline towards the inside of the ink cavity 30.

[0047] The ink jet type recording head equipped with this configuration is large in the inertance of the ink held in the ink cavity 30, and can make small further compliance of silicon oxide 2 and the platinum film 3. Therefore, the regurgitation of the very small ink can be carried out to a high speed. Consequently, a high definition print higher-density than the conventional ink jet type recording head is realizable. Therefore, even if the amount of displacement of the PZT film 4 is small, the regurgitation of the ink can fully be carried out. Moreover, since near [from] said 1st field of the ink cavity 30 to the 1st field is formed of anisotropy dry etching, in case etching formation of the ink cavity 30 is carried out, the platinum film 3 and the PZT film 4 can prevent being invaded by an etching reagent and the etching resultant. Therefore, dependability can also be improved.

[0048] Next, the manufacture approach of the ink jet type recording head shown in drawing 3 is explained with reference to drawing 4. In addition, with the gestalt of this operation, that detailed explanation is omitted with reference to drawing 2 about the same process as the manufacture approach explained with the gestalt 1 of operation.

[0049] First, after performing the process shown in drawing 2 (1) - drawing 2 (3), and the same process, the process shown in drawing 4 is performed.

[0050] At the process shown in drawing 4, the anisotropy wet etching performed at the process shown in drawing 2 (3) is changed to anisotropy dry etching, and the single crystal silicon substrate 1 is etched further. This anisotropy dry etching as etching gas 6 sulfur-fluoride gas, Or the organic gas containing a fluorine element or the mixed gas of the organic substance containing 6 sulfur fluorides and a fluorine element is used. Reaction pressure and the mixed rate of said gas were suitably adjusted so that the side attachment wall of the ink cavity 20 after etching might become the target configuration, and it carried out until substrate temperature is exposed at a room temperature with the energy of the RF outputs 100W-2000W and silicon oxide 2 was exposed on the conditions for 5 - 30 minutes. By this anisotropy dry etching, the taper-like side attachment wall 18 which inclines towards the inside of the ink cavity 30 between a side attachment wall 7 and silicon oxide 2 was formed.

[0051] Thus, the ink cavity 30 of a configuration of having mentioned above was formed according to the process shown in drawing 2 (1) - drawing 2 (3), and drawing 4. With the gestalt of this operation, since the ink cavity 30 is formed with the combination of anisotropy wet etching and anisotropy dry etching, it can prevent that the platinum film 3 and the PZT film 4 are invaded by an etching reagent and the etching resultant in the case of this process.

[0052] Next, the process shown in drawing 2 (5) and drawing 2 (6) and the same process were performed one by one, and the ink jet type recording head of the structure shown in drawing 3 was manufactured.

[0053] (Gestalt 3 of operation) Next, the ink jet type recording head concerning the gestalt 3 of operation of this invention is explained with reference to drawing 5 and drawing 6. In addition, with the gestalt of this operation, about the same structure as the ink jet type recording head explained with the gestalt 1 of operation, the same agreement is attached and the detailed explanation is omitted.

[0054] The sectional view showing a part of ink jet type recording head which drawing 5 requires for the gestalt 3 of operation of this invention, and drawing 6 are the process sectional views showing the production process of the ink jet type recording head shown in drawing 5.

[0055] The difference on the structure of the ink jet type recording head shown in drawing 5 and the ink jet type recording head (refer to drawing 1) concerning the gestalt 1 of operation is the side-attachment-wall structure of an ink cavity. the cavity 40 of the ink jet type recording head concerning the gestalt 3 of operation is formed even near the 2nd field to the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 by anisotropy wet etching -- having -- **** -- this part -- the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 -- receiving -- abbreviation -- it consists of perpendicular side attachment walls 7. moreover, near [from] the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 to the 1st field forms by anisotropy dry etching -- having -- **** -- this

part -- the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 -- receiving -- abbreviation -- it consists of perpendicular side attachment walls 17.

[0056] Since near [from] said 1st field of the ink cavity 40 to the 1st field is formed of anisotropy dry etching, in case the ink jet type recording head equipped with this structure carries out etching formation of the ink cavity 40, it can prevent that the PZT film 4 is invaded by the etching reagent. Therefore, dependability can be improved.

[0057] Next, the manufacture approach of the ink jet type recording head shown in drawing 5 is explained with reference to drawing 6 . In addition, with the gestalt of this operation, that detailed explanation is omitted with reference to drawing 2 about the same process as the manufacture approach explained with the gestalt 1 of operation.

[0058] First, after performing the process shown in drawing 2 (1) - drawing 2 (3), and the same process, the process shown in drawing 6 is performed.

[0059] At the process shown in drawing 6 , the anisotropy wet etching performed at the process shown in drawing 2 (3) is changed to anisotropy dry etching, and the single crystal silicon substrate 1 is etched further. This anisotropy dry etching as etching gas 6 sulfur-fluoride gas, Or the organic gas containing a fluorine element or the mixed gas of the organic substance containing 6 sulfur fluorides and a fluorine element is used. Reaction pressure and the mixed rate of said mixed gas were suitably adjusted so that the side attachment wall of the ink cavity 20 after etching might become the target configuration, and it carried out until substrate temperature is exposed at a room temperature with the energy of the RF outputs 100W-2000W and silicon oxide 2 was exposed on the conditions for 5 - 30 minutes. By this anisotropy dry etching, the side attachment wall 7 and the same perpendicular side attachment wall 17 were formed between a side attachment wall 7 and silicon oxide 2.

[0060] Thus, the ink cavity 40 of a configuration of having mentioned above was formed according to the process shown in drawing 2 (1) - drawing 2 (3), and drawing 4 . With the gestalt of this operation, since the ink cavity 40 is formed with the combination of anisotropy wet etching and anisotropy dry etching, it can prevent that the platinum film 3 and the PZT film 4 are invaded by an etching reagent and the etching resultant in the case of this process.

[0061] Next, the process shown in drawing 2 (5) and drawing 2 (6) and the same process were performed one by one, and the ink jet type recording head of the structure shown in drawing 5 was manufactured.

[0062] (Gestalt 4 of operation) Next, the ink jet type recording head concerning the gestalt 4 of operation of this invention is explained with reference to drawing 7 .

[0063] The gestalt of this operation explains how to manufacture the ink jet type recording head of structure explained with the gestalt 1 of operation by other approaches. In addition, the detailed explanation is omitted about the same process as the gestalt 1 of operation.

[0064] Drawing 7 is the process sectional view showing the production process of the ink jet type recording head concerning the gestalt 4 of operation.

[0065] First, at the process shown in drawing 7 (1), silicon oxide 2 is formed all over the single crystal silicon substrate 1 by the same approach as the gestalt 1 of operation. Next, the resist film 6 is formed in addition to the field used as the ink cavity 20 on the silicon oxide 2 formed in the 2nd field of the single crystal silicon substrate 1. Subsequently, wet etching of the silicon oxide 2 is carried out by using this resist film 6 as a mask.

[0066] Next, in the process shown in drawing 7 (2), after carrying out exfoliation removal of the resist film 6, anisotropic etching of the single crystal silicon substrate 1 is carried out on the same conditions as the gestalt 1 of operation by using as a mask the silicon oxide 2 in which patterning was carried out by said wet etching. thus, the field used as the ink cavity 20 of the single crystal silicon substrate 1 -- said 1st field -- receiving -- abbreviation -- the perpendicular side attachment wall 7 is formed.

[0067] As for anisotropic etching [here as opposed to said single crystal silicon substrate 1], a piezo electric crystal component is performed in the condition of not being formed. Therefore, a piezo electric crystal component does not receive damage during this anisotropy wet etching. Moreover, it is not necessary to form the protective coat to anisotropy wet etching in a piezo electric crystal component. For this reason, a production process can be simplified while the

dependability of a piezo electric crystal component improves.

[0068] Next, the piezo electric crystal component which consists of the platinum film 3, PZT film 4, and platinum film 5 is formed in the 1st field of the single crystal silicon substrate 1 in which silicon oxide 2 was formed on the same conditions as the gestalt 1 of operation.

[0069] Subsequently, at the process shown in drawing 7 (3), the same conditions as an example 1 perform anisotropy dry etching to the single crystal silicon substrate 1 by using as a mask the silicon oxide 2 which carried out patterning at the process shown in drawing 7 (1). Thus, the single crystal silicon substrate 1 was etched still more deeply from the halt location of the anisotropy wet etching performed at the process shown in drawing 7 (2), and the taper-like side attachment wall 8 which inclines towards the outside of the ink cavity 20 between a side attachment wall 7 and silicon oxide 2 was formed.

[0070] Then, the process shown in drawing 2 (5) and drawing 2 (6) which were explained with the gestalt 1 of operation was performed, and the ink jet type recording head of the structure shown in drawing 1 was manufactured.

[0071] (Gestalt 5 of operation) The 5th operation gestalt is explained based on drawing 8 R> 8 below. In addition, in the operation gestalt explained after this, the ink jet type recording head is illustrated as a sectional view which cut the recording head of drawing 1 by the perpendicular cutting plane toward space.

[0072] It is the modification of the process of drawing 7 which is shown in drawing 8. In the process of (1), silicon oxide 2 is formed on a silicon substrate 1. In the process of (2), patterning of the silicon oxide of the 2nd field of a silicon wafer is carried out. At the process of (3), from the opening 21 of the diacid-ized silicon in the 2nd field of a silicon wafer 1, silicon is etched by the anisotropy wet etching method, and half etching for forming the ink cavity 20 in the single crystal silicon substrate 1 is performed.

[0073] At the process of (4), the laminating of the lower electrode layer 3, the PZT film 4, and the up electrode layer 5 is carried out to the 1st field of a silicon substrate 1 one by one.

Furthermore, in the process of (5), a resist 80 is formed in the 1st field of a silicon substrate, and the up electrode layer 5 and the PZT film 4 are etched in the process of (6).

[0074] At the process of (7), this resist 80 is exfoliated and the resist mask 82 for lower electrode etching is formed in the process of (8). Subsequently, patterning of the lower electrode is etched and carried out in the process of (9).

[0075] Furthermore, in the process of (10), a resist 82 is made to exfoliate, and an interlayer insulation film 84 is formed at the process of (11), and the wiring 86 to an up electrode is formed. Subsequently, in the process of (12), the single crystal silicon which remains in the ink cavity 20 by anisotropy dry etching is etched to the silicon oxide 2 by the side of a component. The ink jet record type head as a modification of drawing 7 is completed by the above.

[0076] In this process of a series of, after forming silicon oxide, wet etching is carried out, and dry etching is performed at the last of a process. Although anisotropy wet etching needs to form an alkali-proof protective coat in a component side at the time of etching since it is strong-base nature water solutions, such as KOH, it can form a reliable actuator and an ink jet printer head easily at a process here, without needing a protective coat, since wet etching is performed in the condition that PZT etc. is not formed.

[0077] (6th operation gestalt) The process concerning this operation gestalt is explained based on drawing 9. In the process of (1), silicon oxide 2 is formed on the single crystal silicon substrate 1. The lower electrode layer 3 is formed in the 1st field of a silicon substrate 1 in the process of (2). Furthermore, opening is formed in the silicon oxide 2 of the 2nd field of a silicon substrate 1.

[0078] Subsequently, in the process of (3), a protective coat 90 is formed on the lower electrode 3. In the process of (4), half etching of the silicon is carried out by the anisotropy wet etching method from the 2nd page of a silicon substrate. Subsequently, said protective coat 90 is removed in the process of (5). Subsequently, in a process (6), the PZT film 4 and the up electrode layer 5 are formed. Future processes follow (5) of drawing 7.

[0079] With this operation gestalt, after the lower electrode layer 3 is formed, half etching of the silicon oxide was carried out by the anisotropy wet etching method, and dry etching is given to

the last of a wafer process. Since the lower electrode 3 is formed from Pt or Ir even if the etching-proof nature of the etching protective coat 90 is not perfect and there is a pinhole, since wet etching is performed in the phase where the piezo electric crystal thin film is not formed according to this process, damage does not occur in a lower electrode. Furthermore, it is also possible to omit protective coat 90 itself. Therefore, a reliable actuator and an ink jet printer head can be formed easily.

[0080] Moreover, in the process here, the silicon oxide in the 1st field of a silicon substrate is protected by the lower electrode 3 in the case of etching of the silicon oxide in the 2nd field of the silicon substrate 1 in the process of (2). Therefore, it becomes possible to prevent that the thickness of silicon oxide is spoiled as much as possible, and to prevent changing the oscillation characteristic of the silicon oxide as a diaphragm.

[0081] (7th operation gestalt) This operation gestalt is explained based on drawing 10. With this operation gestalt, silicon oxide 2 is formed on a silicon substrate 1 in the process of (1). At the process of (2), the lower electrode layer 3 and the PZT film 4 are formed on silicon oxide 2. Opening 21 is formed in the silicon oxide 2 by the side of the 2nd [of a silicon substrate] field in the process of (3).

[0082] In the process of (4), a protective coat 90 is formed on the PZT film 4. At the process of (5), half etching is performed to a 2nd [of a silicon substrate 1] field side by anisotropy wet etching. Subsequently, said protective coat 90 is exfoliated in the process of (6). Future processes follow the same process as (5) or subsequent ones of drawing 8, after forming the up electrode layer 5.

[0083] In a process here, after forming the piezo electric crystal thin film 4, half etching (etch to the middle of an etched layer.) of the silicon was carried out by the wet etching method, dry etching is given to the last of a process, but since it is the wet etching in the phase where the photolithography process is not performed to a component side yet, there is no contamination of a foreign matter etc. on a wafer, and the etching protective coat 90 does not have the defect of a pinhole etc. Therefore, it becomes possible for there to be no damage in a piezo electric crystal thin film, and to form an ink room cavity.

[0084] (8th operation gestalt) With this operation gestalt, as it is in the process of (1) of drawing 1111, sequential formation of silicon oxide 2, the lower electrode layer 3, the PZT thin film 4, and the up electrode layer 5 is carried out at a silicon wafer 1. Subsequently, opening 21 is formed in the silicon oxide 2 of the 2nd field of a silicon wafer in the process of (2). At the process of (3), half etching of the silicon is carried out from the opening 21 of silicon oxide. Henceforth, the process after (5) of drawing 8 is followed.

[0085] At a series of processes here, after forming the up electrode layer 5, half etching of the silicon was carried out by the wet etching method, and dry etching is given to the last of a wafer process. According to this process, since the quality of the materials of an up electrode layer are noble metals, such as Pt and Ir, it prevents that an up electrode serves as a protective coat and damage occurs on the PZT film.

[0086] (9th operation gestalt) This operation gestalt is explained based on drawing 12. In the process of (1), sequential formation of silicon oxide 2, the lower electrode layer 3, the piezo electric crystal thin film 4, and the up electrode layer 5 is carried out on a silicon wafer 1. At the process of (2), a resist 80 is formed in the 1st field and 2nd field of a silicon wafer, respectively.

[0087] Subsequently, opening 21 is formed in the silicon oxide 2 of the 2nd field of a silicon substrate 1 at the process of (3). Subsequently, in the process of (4), the up electrode layer 5 and the PZT thin film 4 are etched. At the process of (5), exfoliation removal of the resist of both sides of a silicon substrate is carried out. The process of (6) forms a protective coat 90 in the 1st field of a silicon substrate.

[0088] At the process of (7), opening is formed in the silicon oxide 2 in the 2nd field of a silicon substrate, and, subsequently half etching of the silicon is carried out by the anisotropy wet etching method. Subsequently, a protective coat 90 is removed at the process of (8).

Henceforth, the process of (8) of drawing 8 is followed.

[0089] At these processes, after parts with a main piezo electric crystal component are formed, silicon was etched by the wet etching method and, finally dry etching is given. With this operation

gestalt, since wet etching is performed before forming the interlayer insulation film by the organic thin film, the organic film can be selected as a protective coat 90. Since the organic film can be formed by easy approaches, such as spin coating, it leads to the simplification of a process. It becomes possible to form a reliable piezo electric crystal component, improving the yield, since a process can be simplified.

[0090] (10th operation gestalt) Next, the 10th operation gestalt is explained using drawing 13. The process of (1) - (5) of this operation gestalt is the same as it of drawing 12. At the process of (6), it forms resist 80 according to the pattern of this electrode on the lower electrode layer 3. At the process of (7), a resist 81 is used as a mask and patterning of the lower electrode layer 3 is carried out. A resist is exfoliated at the process of (8). At the process of (9), a protective coat 90 is formed in the electrode side of a silicon substrate, and silicon is etched by the anisotropy wet etching method from the opening 21 of the silicon oxide in a 2nd [of a silicon substrate] field side. A protective coat 90 is removed at the process of (10).

[0091] At these processes, after etching the lower electrode layer 3, half etching of the silicon is carried out by the wet etching method. The following effectiveness will be acquired if it does in this way.

[0092] Noble metals, such as Pt and Ir, are used for the ingredient of a lower electrode. Although the organic poly membrane of a fluororesin is used for an etching protective coat, this fluorine system organic poly membrane has low adhesion with Pt or Ir, and has the problem on which an etching protective coat exfoliates at the time of wet etching. However, since the silicon oxide film 2 is exposed after etching a lower electrode, the silicon oxide film and an etching protective coat stick more, and a protective coat does not exfoliate at a wet etching process. Therefore, it becomes possible to obtain a reliable piezo electric crystal thin film by the high yield.

[0093] (11th operation gestalt) Next, the 11th operation gestalt is explained using drawing 14. The process of (1) - (7) of drawing 14 is the same as the process of (1) - (8) of drawing 13. At the process of (8) of drawing 14, the interlayer insulation film 84 by the side of the piezo electric crystal component of a silicon substrate is formed. At the process of (9), the laminating of the protective coat is carried out further. (10) carries out half etching of the silicon from the opening 21 of silicon oxide by the anisotropy wet etching method.

[0094] At the process of (11), a protective coat is removed and wiring which leads to the up electrode 5 is formed. At the process of (12), it etches until the silicon oxide 2 in the 1st field exposes silicon by anisotropy dry etching.

[0095] after forming an interlayer insulation film according to these processes -- a wet etching process -- carrying out -- the last of a process -- a dry etching process -- ***** -- things can attain the following advantages.

[0096] Since the lower electrode with which the etching protective coat and adhesion which are a fluorine system poly membrane consist of a low noble-metals ingredient is completely covered with the interlayer insulation film, adhesion is carrying out the laminating of the etching protective coat to the high interlayer insulation film as a result, without contacting a lower electrode. Therefore, the damage by the KOH water solution which is etching does not occur for a piezo electric crystal component at the time of wet etching.

[0097] (12th operation gestalt) The following operation gestalt is further explained using drawing 15. Since it is the same as the process of (1) - (8) of drawing 14, the process before (1) of drawing 15 is skipped. At the process of (1), the wiring 86 which flows in the up electrode 5 is formed on an interlayer insulation film 84. At the process of (2), a protective coat 90 is formed further. At the process of (3), half etching of the silicon is carried out from opening of silicon oxide 2 by anisotropy wet etching.

[0098] At the process of (4), exfoliation removal of the protective coat 90 is carried out. At the process of (5), the silicon of the opening remainder of silicon oxide is etched by anisotropy dry etching. In addition, the process of (4) and (5) may be replaced.

[0099] Furthermore, as a final process, the environmental protection-proof film 150 is formed at a process (6), it carries out sticking a nozzle plate 160 on the ink cavity 20 side finally etc., and an ink jet type printer head is completed.

[0100] In this operation gestalt, the wet etching process was carried out after the **** process,

and the dry etching process is given to the last of a wafer process. If a protective coat is exfoliated after a process (5), wet etching and dry etching will be carried out continuously. Therefore, if the thickness of a silicon wafer is about 200 micrometers, the depth of half etching of the mold cavity (or goug AFURAMU) by wet etching is about 180 micrometers. The wafer of a half etching condition will be put to various contamination, if it lets the process of various membrane formation and photolithography pass. Foreign matters, such as a particle, cannot washing-removal-make it easily easy to collect on the mold cavity (or diaphragm) of a half etching condition.

[0101] Then, if wet etching ** dry etching is continuously carried out like this operation gestalt, since contamination of a particle etc. will not go into a cavity (or diaphragm), it is very reliable and the high actuator of the yield and an ink jet printer head can be manufactured.

[0102]

[Effect of the Invention] As explained above, the ink jet type recording head concerning this invention has the structure which formed the part near the piezo electric crystal component of an ink cavity by anisotropy dry etching. Therefore, in case an ink cavity is formed, it can prevent having a bad influence on a piezo electric crystal component. Consequently, the ink jet type recording head equipped with the reliable piezo electric crystal component can be offered.

[0103] By moreover, the thing for which the part near the piezo electric crystal component of said ink cavity is constituted from a taper which turns and inclines to the outside of the ink cavity concerned It adds to said effectiveness. The compliance of the wall of an ink cavity Since the large amount of displacement of a piezo electric crystal component can be taken as a result of being able to take the large compliance of ****, silicon oxide, and a bottom electrode also from hardly changing to it of the conventional ink jet type recording head, either, the regurgitation of the ink can be carried out in large quantities at high speed.

[0104] If constituted from a taper which turns the part near the piezo electric crystal component of said ink cavity inside the ink cavity concerned, and inclines on the other hand, in addition to said effectiveness, it is large in the inertance of the ink held in the ink cavity, and compliance of a diaphragm and a bottom electrode can be further made small. Therefore, even if the amount of displacement of a diaphragm is small, the regurgitation of the ink very smaller than before can be carried out to a high speed. Consequently, high density and a high definition print are realizable conventionally.

[0105] And after performing anisotropy wet etching to a single crystal silicon substrate, a piezo electric crystal component is formed, and as a result of a piezo electric crystal component's not receiving damage by said anisotropy wet etching, the dependability of a piezo electric crystal component can be improved more again by forming an ink cavity by performing anisotropy dry etching after that. Moreover, it is not necessary to form the protective coat to anisotropy wet etching in a piezo electric crystal component, and a production process can be simplified.

[0106] Moreover, since the ink jet type recording head concerning this invention forms the film for nozzle plate formation and forms a nozzle orifice in this, it can form a nozzle plate easily. Consequently, it can mass-produce easily and a cost cut can be aimed at.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional view showing a part of ink jet type recording head concerning the gestalt 1 of operation of this invention.

[Drawing 2] It is the process sectional view showing the production process of the ink jet type recording head shown in drawing 1 .

[Drawing 3] It is the sectional view showing a part of ink jet type recording head concerning the gestalt 2 of operation of this invention.

[Drawing 4] It is the process sectional view showing the production process of the ink jet type recording head shown in drawing 3 .

[Drawing 5] It is the sectional view showing a part of ink jet type recording head concerning the gestalt 3 of operation of this invention.

[Drawing 6] It is the process sectional view showing the production process of the ink jet type recording head shown in drawing 5 .

[Drawing 7] It is the process sectional view showing the production process of the ink jet type recording head concerning the gestalt 4 of operation of this invention.

[Drawing 8] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Drawing 9] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Drawing 10] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Drawing 11] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Drawing 12] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Drawing 13] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Drawing 14] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Drawing 15] It is this process sectional view concerning the operation gestalt of further others of this invention.

[Description of Notations]

- 1 Single Crystal Silicon Substrate
- 2 Silicon Oxide
- 3 Platinum Film
- 4 PZT Film
- 5 Platinum Film
- 6 Resist Film
- 7 Side Attachment Wall
- 8 Side Attachment Wall
- 9 Amorphous Silicon

10 Nozzle Plate
11b Nozzle orifice
20 Ink Cavity
21 Opening for Wet Etching Formed in Silicon Oxide
30 Ink Cavity
40 Ink Cavity
80 Resist
84 Interlayer Insulation Film
86 Wiring
90 Protective Coat for Wet Etching

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-286960

(43) 公開日 平成10年(1998)10月27日

(51) Int.Cl.⁶

B 4 1 J 2/045
2/055
2/16

識別記号

F I

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A

1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数24 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平9-291285

(22) 出願日 平成9年(1997)10月23日

(31) 優先権主張番号 特願平8-282724

(32) 優先日 平8(1996)10月24日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平9-32481

(32) 優先日 平9(1997)2月17日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 橋爪 勉

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

(72) 発明者 高橋 哲司

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

ーエプソン株式会社内

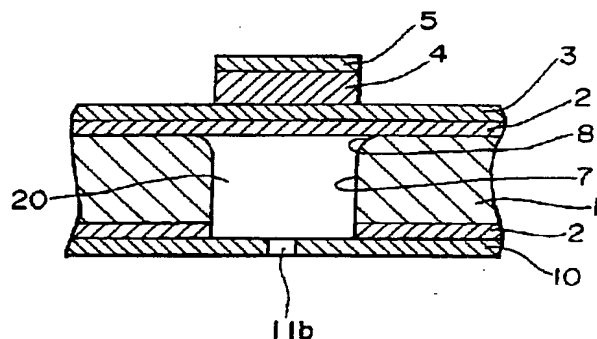
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 信頼性が高い圧電体素子を備え、インクを高速で大量に吐出するインクヘッド式記録ヘッド及びその製造方法を提供する。また、信頼性が高い圧電体素子を備え、微量量のインクを高速に吐出するインクジェット式記録ヘッド及びその製造方法を提供する。また、ノズル板の形成を容易に行え、大量生産が可能なインクヘッド式記録ヘッドの製造方法を提供する。

【解決手段】 単結晶シリコン基板1上に形成されたPZT膜4と、単結晶シリコン基板1のPZT膜4に対応する位置に形成したインクキャビティ20と、単結晶シリコン基板1のPZT膜4の反対側の面に設けたノズル板10とを備え、インクキャビティ20のPZT膜4に近い部分を異方性ドライエッチングにより形成した。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に収容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドであって、

前記インクキャビティは、前記第 2 の面から第 1 の面の近傍までが異方性ウエットエッチングにより形成され、前記第 1 の面の近傍から第 1 の面までが異方性ドライエッチングにより形成されてなるインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 2】 前記インクキャビティは、前記第 1 の面の近傍から第 1 の面までの領域に形成されている側壁が、当該インクキャビティの外側に向けて傾くテーパからなる請求項 1 記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 3】 前記インクキャビティは、前記第 1 の面の近傍から第 1 の面までの領域に形成されている側壁が、当該インクキャビティの内側に向けて傾くテーパからなる請求項 1 記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 4】 前記第 2 の面は、結晶方位 (110) であり、前記異方性ウエットエッチングは、アルカリ水溶液をエッチング液として用いる請求項 1 または請求項 2 記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 5】 前記第 2 の面は、結晶方位 (100) であり、前記異方性ウエットエッチングは、アルカリ水溶液をエッチング液として用いる請求項 1 または請求項 2 記載のインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 6】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に収容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドであって、前記インクキャビティは、前記第 1 の面の近傍から第 1 の面までの領域に形成されている側壁が、当該インクキャビティの外側に向けて傾くテーパからなるインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 7】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に収容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドであって、前記インクキャビティは、前記第 1 の面の近傍から第 1 の面までの領域に形成されている側壁が、当該イ

ンクキャビティの内側に向けて傾くテーパからなるインクジェット式記録ヘッド。

【請求項 8】 単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に収容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、前記単結晶シリコン基板上に圧電体素子を形成する工程と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的に行なった後、連続して異方性ドライエッチングを選択的に行ない、前記インクキャビティを形成する工程と、を備えてなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 9】 単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に収容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、前記単結晶シリコン基板のインクキャビティ形成領域に異方性ウエットエッチングを所定の深さまで選択的に行なう工程と、前記異方性ウエットエッチング後、前記単結晶シリコン基板上の前記インクキャビティと対応する位置に圧電体素子を形成する工程と、前記圧電体素子形成後、前記単結晶シリコン基板のインクキャビティ形成領域に異方性ドライエッチングを選択的に行い、前記インクキャビティを形成する工程と、を備えてなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 10】 前記異方性ウエットエッチングは、前記第 2 の面から第 1 の面の近傍までの領域で行い、前記異方性ドライエッチングは、前記第 1 の面の近傍から第 1 の面までの領域で行う請求項 8 または請求項 9 記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 11】 前記異方性ウエットエッチングは、前記単結晶シリコン基板の結晶方位 (110) 面から行うとともに、エッチング液としてアルカリ水溶液を用いて行う請求項 8 ないし請求項 10 のいずれか一項に記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 12】 前記異方性ウエットエッチングは、前記単結晶シリコン基板の結晶方位 (100) 面から行うとともに、エッチング液としてアルカリ水溶液を用いて行う請求項 8 ないし請求項 10 のいずれか一項に記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 13】 前記インクキャビティ内に、所定のエッチング液に対してエッチングレートが速い物質を充填する工程と、当該充填された物質の前記第 2 の面側の面を平坦化する工程と、当該平坦化された面上に、ノズル板形成用の膜を形成する工程と、前記物質上に形成されたノズル板形成用の膜に複数の孔を貫通形成する工程

と、前記孔を介して前記物質を除去する工程と、当該物質を除去した後、前記ノズル開口となる孔以外の孔を封止する工程と、をさらに備えた請求項 8 ないし請求項 11 のいずれか一項に記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 14】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子に対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、単結晶シリコン基板上に圧電体素子を形成する工程と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子に対応する位置にインクキャビティを形成する工程と、前記インクキャビティ内に所定のエッチング液に対してエッチングレートが速い物質を充填する工程と、当該充填された物質の前記第 2 の面側の面を平坦化する工程と、当該平坦化された面上にノズル板形成用の膜を形成する工程と、前記ノズル板形成用の膜の前記物質上に形成された部分に複数の孔を貫通形成する工程と、前記孔を介して前記物質を除去する工程と、当該物質を除去した後、前記ノズル開口となる孔以外の孔を封止すると、を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 15】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に、圧電体素子を形成するとともに、この圧電体素子に対応する位置にインクキャビティを形成し、さらに、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に、前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口を有するノズル板を形成するインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、前記単結晶シリコン基板上に圧電体素子を形成するための下部電極を形成し、かつ、この圧電体素子を形成するための圧電体薄膜を形成する以前に、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子に対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的に行なった後、異方性ドライエッチングを選択的に行って前記インクキャビティを形成する工程と、を備えてなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 16】 前記下部電極に保護膜を積層した後前記ウエットエッチングを行うようにした請求項 15 記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 17】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に、圧電体素子を形成するとともに、この圧電体素子に対応する位置にインクキャビティを形成し、さらに、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に、前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口を有するノズル板を形成するインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、前記単結晶シリコン基板上に圧電体素子のパターンを形成するためのフォトリソグラフィが実行される以前に、前記ウエット

エッチングに対する保護膜を前記シリコン基板の第 1 面側に形成し、次いで、このシリコン基板の前記圧電体素子に対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的に行なった後、異方性ドライエッチングを選択的に行い、前記インクキャビティを形成する工程と、を備えてなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 18】 前記保護膜は、前記シリコン基板上に形成された下部電極と圧電体とを形成後にこれに積層されてなる請求項 17 記載のインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 19】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に、圧電体素子を形成するとともに、この圧電体素子に対応する位置にインクキャビティを形成し、さらに、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に、前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口を有するノズル板を形成するインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、前記圧電体素子を形成するための最外面となる上部電極膜を形成後に、前記シリコン基板の前記圧電体素子に対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的に行ない、次いで、異方性ドライエッチングを選択的に行い、前記インクキャビティを形成するインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 20】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に、圧電体素子を形成するとともに、この圧電体素子に対応する位置にインクキャビティを形成し、さらに、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に、前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口を有するノズル板を形成するインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、前記圧電体素子のパターン上に層間絶縁膜と配線を形成する工程を備えるととともに、この層間絶縁膜を形成する以前に、前記シリコン基板の前記圧電体素子に対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的に行ない、次いで、異方性ドライエッチングを選択的に行ってインクキャビティを形成するインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 21】 前記圧電体素子に対応するパターンを形成後、保護膜を積層し、次いで、前記異方性ウエットエッチングを行うとともに、その後、前記層間絶縁膜と配線とを形成し、さらに、前記異方性ドライエッチングを行うインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 22】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に、圧電体素子を形成するとともに、このシリコン基板の前記圧電体素子に対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的に行い、次いで異方性ドライエッチングを選択的に行ってインクキャビティを形成し、さらに、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に、前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口を有するノズル板を形成する方法であって、前記圧電体素子を形成するための下部電極をエッ

チングした後に、前記ウエットエッチングに対する保護膜を前記シリコン基板上の酸化膜上に積層し、次いで、このウエットエッチングを施してなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 23】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に、圧電体素子を形成するとともに、この圧電体素子と対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的にを行い、次いで異方性ドライエッチングを選択的に行ってインクキャビティを形成し、さらに、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に、前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口を有するノズル板を形成する方法であって、前記圧電体素子を形成するための下部電極を層間絶縁膜で被覆した後、さらに前記ウエットエッチングに対する保護膜を積層し、次いで、このウエットエッチングを施してなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【請求項 24】 単結晶シリコン基板の第 1 の面に、圧電体素子を形成するとともに、この圧電体素子と対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的にを行い、次いで異方性ドライエッチングを選択的に行ってインクキャビティを形成し、さらに、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に、前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口を有するノズル板を形成する方法であって、前記圧電体素子のパターンと、層間絶縁膜と、配線を形成後、前記ウエットエッチング用の保護膜を積層し、次いで、前記ウエットエッチングとドライエッチングとを連続して行うようにしたインクジェット式記録ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、インクジェット式記録ヘッド及びその製造方法に係り、特にインク吐出の駆動源として圧電体素子を使用するインクジェット式記録ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来から、インク吐出用の駆動源、すなわち、電気的エネルギーを機械的エネルギーに変換する素子として、チタン酸ジルコン酸鉛（以下、「PZT」と記す）からなる素子を使用したインクジェット式記録ヘッドがある。このインクジェット式記録ヘッドは、一般には、多数の個別インク通路（インクキャビティやインク溜り等）を形成したヘッド基台と、全ての個別インク通路を亘るように前記ヘッド基台に取り付けた振動板と、この振動板の前記個別インク通路上に対応する各部分に被着形成した PZT 素子と、を備えて構成されている。この構成のインクジェット式記録ヘッドは、前記 PZT 素子に電界を加えて PZT 素子を変位させることにより、個別インク通路内に收容されているインクを、個別インク通路に設けられたノズル板に形成されているインク吐出口から押出すように設計されている。

【0003】 前記ヘッド基台を単結晶シリコン基板から構成する場合、当該単結晶シリコン基板にウエットエッチングを選択的に行うことにより、個別のインク通路を形成している。このウエットエッチングは、一般的に、5 重量%～40 重量%の水酸化カリウム水溶液等の高温度のアルカリ溶液を使用して行われる。

【0004】 また、前記ノズル板の設置は、通常、所定位置に予めインク吐出口が形成された基板（例えば、ステンレス板）を、前記ヘッド基台に張り付けることにより行っている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記ウエットエッチングによりヘッド基台を形成する際に、前記 PZT 素子にエッチング溶液が接触すると、当該 PZT 素子が剥離したり、損傷が生じたりするという問題がある。具体的には、例えば、エッチング液としてアルカリ水溶液を用い、振動板まで到達するように単結晶シリコン基板をエッチングすると、エッチングの終点で、このアルカリ水溶液あるいはエッチング反応生成物が振動板を透過して、PZT 素子にダメージを与えるという問題がある。

【0006】 また、所定位置に予めインク吐出口が形成された基板を、前記ヘッド基台に張り付けることで、ノズル板を設ける方法は、組み立てが複雑であり、大量生産を行うことが困難であるという問題がある。

【0007】 本発明は、このような従来の問題点を解決することを課題とするものであり、信頼性が高い圧電体素子を備えるとともに、インクを高速度で大量に吐出できるインクジェット式記録ヘッドを提供することを目的とするものである。また、信頼性が高い圧電体素子を備え、微量のインクを高速度で吐出するインクジェット式記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的とするものである。また、圧電体素子に悪影響を及ぼすことなく、インクを高速度で大量に吐出できるインクヘッド式記録ヘッドの製造方法を提供することを目的とするものである。さらに、ノズル板の形成を容易に行え、大量生産が可能なインクヘッド式記録ヘッドの製造方法を提供することを目的とするものである。

【0008】 さらにまた、本発明は、素子に影響を与えるウエットエッチングを、インクジェット式記録ヘッド製造上最適なタイミングで行うようにして、信頼性が高い圧電素子を備えるインクジェット式記録ヘッドを製造可能な方法を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成するために本発明は、単結晶シリコン基板の第 1 の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第 1 の面の反対側に位置する第 2 の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に収

容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドであって、前記インクキャビティは、前記第2の面から第1の面の近傍までが異方性ウエットエッチングにより形成され、前記第1の面の近傍から第1の面までが異方性ドライエッチングにより形成されてなるインクジェット式記録ヘッドを提供するものである。インクジェット式記録ヘッドをこのような構成にすることで、圧電体素子の信頼性を向上することができる。

【0010】また、前記インクキャビティの、前記第1の面の近傍から第1の面までの領域に形成されている側壁を、当該インクキャビティの外側に向けて傾くテーパから構成することで、前記利点に加え、インクキャビティの壁のコンプライアンスは従来と殆ど変わらないにもかかわらず、振動板を兼ねている圧電体素子のコンプライアンスを大きくすることができる。したがって、圧電体素子の変位量を大きくとることができ、インクを高速で大量に吐出することができる。

【0011】一方、前記インクキャビティの、前記第1の面の近傍から第1の面までの領域に形成されている側壁を、当該インクキャビティの内側に向けて傾くテーパから構成すれば、前記利点に加え、インクキャビティ内に收容されたインクのイナータンスを大きく、さらに、圧電体素子のコンプライアンスを小さくできる。したがって、圧電体素子の変位量が小さくても微少のインクを非常に高速に吐出することができる。このため、従来より高密度高精細な印画を実現できる。

【0012】また、前記第2の面は、結晶方位(110)であり、前記異方性ウエットエッチングのエッチング液として、アルカリ水溶液を用いることができる。

【0013】あるいはまた、前記第2の面は、結晶方位(100)であり、前記異方性ウエットエッチングのエッチング液として、アルカリ水溶液を用いることができる。なお、本明細書において、「テーパ」とは、傾斜面が曲面を有するものも包含するものとする。

【0014】また、本発明は、単結晶シリコン基板の第1の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第1の面の反対側に位置する第2の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドであって、前記インクキャビティは、前記第1の面の近傍から第1の面までの領域に形成されている側壁が、当該インクキャビティの外側に向けて傾くテーパからなるインクジェット式記録ヘッドを提供するものである。

【0015】そしてまた、本発明は、単結晶シリコン基板の第1の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成され

たインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第1の面の反対側に位置する第2の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドであって、前記インクキャビティは、前記第1の面の近傍から第1の面までの領域に形成されている側壁が、当該インクキャビティの内側に向けて傾くテーパからなるインクジェット式記録ヘッドを提供するものである。

【0016】また、本発明は、単結晶シリコン基板の第1の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第1の面の反対側に位置する第2の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、単結晶シリコン基板上に圧電体素子を形成する工程と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に異方性ウエットエッチングを選択的に行なった後、連続して異方性ドライエッチングを選択的に行い、インクキャビティを形成する工程と、を備えてなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法を提供するものである。この製造方法により、圧電体素子に支障を来すことなく、インクを高速で吐出できるインクジェット式記録ヘッドを得ることができる。

【0017】また、本発明は、前記単結晶シリコン基板のインクキャビティ形成領域に異方性ウエットエッチングを所定の深さまで選択的に行なう工程と、前記異方性ウエットエッチング後、前記単結晶シリコン基板上の前記インクキャビティと対応する位置に圧電体素子を形成する工程と、前記圧電体素子形成後、前記単結晶シリコン基板のインクキャビティ形成領域に異方性ドライエッチングを選択的に行い、インクキャビティを形成する工程と、を備えてなるインクジェット式記録ヘッドの製造方法を提供するものである。この製造方法では、圧電体素子が形成される前の単結晶シリコン基板に異方性ウエットエッチングを行うことができる。したがって、この異方性ウエットエッチング中に圧電体素子が損傷を受けることが全くない。また、圧電体素子に異方性ウエットエッチングに対する保護膜を形成する必要もない。このため、圧電体素子の信頼性が向上するとともに、製造工程を簡略化することができる。

【0018】前記異方性ウエットエッチングは、前記第2の面から第1の面の近傍までの領域で行い、前記異方性ドライエッチングは、前記第1の面の近傍から第1の面までの領域で行うことが好適である。

【0019】そしてまた、前記異方性ウエットエッチングは、前記単結晶シリコン基板の結晶方位(110)面から行くとともに、エッチング液としてアルカリ水溶液を用いて行うことができる。

【0020】あるいはまた、前記異方性ウエットエッチングは、前記単結晶シリコン基板の結晶方位（100）面から行うとともに、エッチング液としてアルカリ水溶液を用いて行うことができる。

【0021】また、前記製造方法は、インクキャビティ内に非晶質シリコンを充填する工程と、当該充填された非晶質シリコンの前記第2の面側の面を平坦化する工程と、当該平坦化された面上に、ノズル板形成用の膜を形成する工程と、前記非晶質シリコン上に形成されたノズル板形成用の膜に複数の孔を貫通形成する工程と、前記孔を介して前記非晶質シリコンを除去する工程と、当該非晶質シリコンを除去した後、前記ノズル開口となる孔以外の孔を封止する工程と、をさらに備えることができる。これによって、前記利点に加え、ノズル板の形成を簡単に行える。

【0022】さらにまた、本発明は、単結晶シリコン基板の第1の面に形成された圧電体素子と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置に形成されたインクキャビティと、前記単結晶シリコン基板の第1の面の反対側に位置する第2の面に設けられ、かつ前記インクキャビティ内に收容されたインクを吐出するノズル開口が形成されたノズル板と、を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法であって、単結晶シリコン基板上に圧電体素子を形成する工程と、前記単結晶シリコン基板の前記圧電体素子と対応する位置にインクキャビティを形成する工程と、前記インクキャビティ内に非晶質シリコンを充填する工程と、当該充填された非晶質シリコンの前記第2の面側の面を平坦化する工程と、当該平坦化された面上に、ノズル板形成用の膜を形成する工程と、前記ノズル板形成用の膜の非晶質シリコン上に形成された部分に複数の孔を貫通形成する工程と、前記孔を介して前記非晶質シリコンを除去する工程と、当該非晶質シリコンを除去した後、前記ノズル開口となる孔以外の孔を封止する工程と、を備えたインクジェット式記録ヘッドの製造方法を提供するものである。これによって、ノズル板の形成が簡単に行える。

【0023】さらに、本発明は、前記ウエットエッチングを導入するタイミングを、圧電体薄膜素子の製造工程上最適なものに調整した、インクジェット記録ヘッドの製造方法を提供するものである。

【0024】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドについて図面を参照して説明する。

【0025】（実施の形態1）図1は、本発明の実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図、図2は、図1に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【0026】実施の形態1に係るインクジェット式記録ヘッドは、図1に示すように、単結晶シリコン基板1の

第1の面に、振動板であるシリコン酸化膜2と、振動板を兼ねている下電極であるプラチナ膜3が形成され、このプラチナ膜3上の所定領域（圧電体素子形成領域）に、PZT膜4及び上電極であるプラチナ膜5画形成されている。さらに、単結晶シリコン膜1のPZT膜4が形成されている領域に対応する部分には、インクキャビティ20が形成されている。一方、単結晶シリコン基板1の第1の面と反対側の第2の面には、インクキャビティ20内に收容されたインクを吐出するノズル開口11bが形成されたノズル板10が設けられている。

【0027】インクキャビティの壁がシリコン基板の主面に対して概ね垂直に、アルカリ水溶液を用いたウエットエッチングによって、形成され易いように、前記単結晶シリコン基板の面方位は、（110）あるいは（100）である。いずれの面方位においても本発明は利用できる。

【0028】インクキャビティ20は、単結晶シリコン基板1の第2の面から第1の面の近傍までが異方性ウエットエッチングにより形成されており、この部分は、単結晶シリコン基板1の第1の面に対して略垂直な側壁7から構成されている。また、単結晶シリコン基板1の第1の面の近傍から第1の面までが、異方性ドライエッチングにより形成されており、この部分は、インクキャビティ20の外側に向けて傾くテーパー状の側壁8から構成されている。

【0029】この構成を備えたインクジェット式記録ヘッドは、インクキャビティ20の側壁7及び8のコンプライアンスは、従来のインクジェット式記録ヘッドのそれと殆ど変わらないのにもかかわらず、シリコン酸化膜2及びプラチナ膜3のコンプライアンスを大きくすることができるため、振動板の変位量を大きくとることができる。したがって、インクキャビティ20内に收容されたインクを高速でかつ大量に吐出することができる。また、側壁8は、テーパー構造を有しているため、単結晶シリコン基板1に歪みが生じることを防止することもできる。また、インクキャビティ20の前記第1の面の近傍から第1の面までが、異方性ドライエッチングにより形成されているため、インクキャビティ20をエッチング形成する際に、PZT膜4及びプラチナ膜3がエッチング終点前後で、エッチング液及びエッチング反応生成物によって侵されることを防止できる。したがって、信頼性を向上することもできる。

【0030】次に、図1に示すインクジェット式記録ヘッドの製造方法について、図2を参照して説明する。

【0031】図2(1)に示す工程では、例えば、厚さ200 μ mの単結晶シリコン基板1の全面に、膜厚が1.0～2.0 μ m程度のシリコン酸化膜2を熱酸化法により形成する。次に、シリコン酸化膜2が形成された単結晶シリコン基板1の第1の面に、膜厚が0.2～1.0 μ m程度のプラチナ膜3をスパッタ法により形成する。

次いで、このプラチナ膜 3 上に、膜厚が 0.5~5.0 μm 程度の PZT 膜 4 をゾル・ゲル法あるいはスパッタ法により形成する。次に、この PZT 膜 4 上に、膜厚が 0.05~0.2 μm 程度のプラチナ膜 5 をスパッタ法により形成する。その後、プラチナ膜 5 上の圧電体素子形成領域に、図示しないレジスト膜を形成し、このレジスト膜をマスクとしてエッチングを行う。

【0032】次に、図 2 (2) に示す工程では、図 2 (1) に示す工程で得られた単結晶シリコン基板 1 の第 1 の面と反対側に位置する第 2 の面に形成されたシリコン酸化膜 2 上であって、PZT 膜 4 が形成された領域以外の部分にレジスト膜 6 を形成する。次いで、このレジスト膜 6 をマスクとして、シリコン酸化膜 2 をウエットエッチングする。

【0033】次に、図 2 (3) に示す工程では、図 2 (2) に示す工程で形成したレジスト膜 6 を剝離除去し、次いで前記でパターンニングされたシリコン酸化膜 2 をマスクとして単結晶シリコン基板 1 を異方性エッチングする。この異方性ウエットエッチングは、先ず、エッチング液としてフッ酸系溶液を使用してシリコン酸化膜 2 をエッチング除去した後、エッチング液の溶質として水酸化カリウム (KOH) を用い、単結晶シリコン基板 1 をエッチング除去する。なお、本実施の形態では、この単結晶シリコン膜 1 のエッチングは、180~190 μm 程度の深さまで行った。この工程により、単結晶シリコン基板 1 のインクキャビティ 20 となる領域に、前記第 1 の面に対して略垂直な側壁 7 を形成した。

【0034】次いで、図 2 (4) に示す工程では、図 2 (3) に示す工程で行った異方性ウエットエッチングを異方性ドライエッチングに切り替えて、さらに単結晶シリコン基板 1 をエッチングする。この異方性ドライエッチングは、エッチングガスとして、六フッ化硫黄ガス、あるいはフッ素元素を含む有機ガス、あるいは六フッ化硫黄とフッ素元素を含む有機物の混合ガスを使用し、エッチング後のインクキャビティ 20 の側壁が目的の形状になるよう反応圧力や前記混合ガスの混合割合を適宜調整し、基板温度が室温で高周波出力 100W~200W のエネルギーで 5~30 分の条件で、シリコン酸化膜 2 が露出するまで行った。この異方性ドライエッチングにより、側壁 7 とシリコン酸化膜 2 との間に、インクキャビティ 20 の外側に向けて傾くテーパー状の側壁 8 を形成した。

【0035】このように、図 2 (3) 及び (4) に示す工程により、前述した構成のインクキャビティ 20 を形成した。本実施の形態では、異方性ウエットエッチングと異方性ドライエッチングとの組み合わせによってインクキャビティ 20 を形成するため、この工程の際に、プラチナ膜 3 及び PZT 膜 4 が、エッチング液及びエッチング反応生成物によって侵されることを防止することができる。

【0036】次に、図 2 (5) に示す工程では、インクキャビティ 20 内に、非晶質 (アモルファス) シリコン 9 をプラズマ CVD 法により充填する。次いで、単結晶シリコン基板 1 の第 2 の面に形成されているシリコン酸化膜 2 と、非晶質シリコン 9 とを平坦化する。次に、平坦化されたシリコン酸化膜 2 及び非晶質シリコン 9 上に、ノズル板形成用の膜として、膜厚が 1.0~5.0 μm 程度の金属膜 10 をスパッタ法によって形成する。なお、本実施の形態では、ニッケルからなる金属膜 10 を形成した。次いで、金属膜 10 の非晶質シリコン 9 上に形成されている部分を、選択的にエッチングし、複数の孔 11a~11c を開口する。なお、この孔 11a~11c は、これらの中にノズル開口となる孔が含まれるように形成した。

【0037】次に、図 2 (6) に示す工程では、図 2 (5) に示す工程で形成した孔 11a~11c を介して非晶質シリコン 9 をエッチング除去する。このエッチングは、フッ素を含むガスを使用して行った。次いで、このエッチングが終了した後、孔 11a~11c のうち、ノズル開口となる孔 11b 以外を閉鎖する。その後、所望の工程を行い、図 1 に示す構造のインクジェット式記録ヘッドを製造した。

【0038】なお、本実施の形態では、単結晶シリコン基板 1 の膜厚を 200 μm 程度としたが、これに限らず、単結晶シリコン基板 1 の膜厚は、製造したいインクジェット式記録ヘッドのサイズなどにより任意に決定してよい。また、シリコン酸化膜 2 やプラチナ膜 3 及び 5、PZT 膜 4、金属膜 10 の膜厚も同様に、任意に決定してよい。

【0039】また、本実施の形態では、単結晶シリコン基板 1 に、180~190 μm 程度の深さまで異方性ウエットエッチングを行った場合について説明したが、これに限らず、異方性ウエットエッチングは、完成したインクジェット式記録ヘッドにおいて、インクキャビティ 20 に収容されたインク中で発生した気泡がスムーズに排出できる深さとなるまで行えばよい。

【0040】また、本実施の形態では、下電極としてプラチナからなる膜を使用した場合について説明したが、これに限らず、例えば、イリジウム、パラジウム、あるいはイリジウムとプラチナとの合金、イリジウムとパラジウムの積層膜等の導電性膜を使用することができる。さらに、本実施の形態では、上電極としてプラチナからなる膜を使用した場合について説明したがこれに限らず、例えば、アルミニウム、シリコンと銅とアルミニウムとの合金、クロム、タングステン、インジウムスズ酸化膜等の導電性膜を使用することができる。

【0041】そしてまた、本実施の形態では、ノズル板を構成する金属膜 10 として、ニッケルを使用した場合について説明したが、これに限らず、例えば、ジュラルミン、ステンレス等を使用してもよく、また、金属板に

代えてジルコニア等のセラミック、あるいは熱酸化膜付きのシリコンウエハを使用してもよい。

【0042】さらにまた、本実施の形態では、インクキャビティ20内に非晶質シリコン9を充填した場合について説明したが、これに限らず、インクキャビティ20内には、単結晶シリコン、不純物を含まない熱酸化によるシリコン酸化膜、ノズル板及びデバイス保護膜等に対して、所定のエッチング液においてエッチングレートが速い物質を充填することができる。具体的には、例えば、エッチング液がフッ酸の場合には、PSG（りんを含んだシリコン酸化膜）やプラズマCVD法によるシリコン酸化膜等を充填することができる。また、エッチング液がキシレンの場合には、ネガレジストを充填することができ、エッチング液がアセトンの場合には、ポジレジストを充填することができる。

【0043】また、本実施の形態で行った図2(5)及び図2(6)に示す工程、すなわちノズル板の製造工程は、他の構造や、従来の構造のインクキャビティを備えたヘッド基台にも応用可能であることは勿論である。

【0044】（実施の形態2）次に、本発明の実施の形態2に係るインクジェット式記録ヘッドについて、図3及び図4を参照して説明する。なお、本実施の形態では、実施の形態1で説明したインクジェット式記録ヘッドと同様の構造については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0045】図3は、本発明の実施の形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図、図4は、図3に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【0046】図3に示すインクジェット式記録ヘッドと、実施の形態1に係るインクジェット式記録ヘッド（図1参照）との構造上の違いは、インクキャビティの側壁構造である。実施の形態2に係るインクジェット式記録ヘッドのキャビティ30は、単結晶シリコン基板1の第2の面から第1の面の近傍までが異方性ウエットエッチングにより形成されており、この部分は、単結晶シリコン基板1の第1の面に対して略垂直な側壁7から構成されている。また、単結晶シリコン基板1の第1の面の近傍から第1の面までが、異方性ドライエッチングにより形成されており、この部分は、インクキャビティ30の内側に向けて傾くテーパ状の側壁18から構成されている。

【0047】この構成を備えたインクジェット式記録ヘッドは、インクキャビティ30内に収容されたインクのイナータンスを大きく、さらにシリコン酸化膜2とプラチナ膜3のコンプライアンスを小さくできる。したがって、微少のインクを高速に吐出することができる。この結果、従来のインクジェット式記録ヘッドより高密度高精細な印画を実現できる。したがって、PZT膜4の変位量が小さくてもインクを十分に吐出することができ

る。また、インクキャビティ30の前記第1の面の近傍から第1の面までが、異方性ドライエッチングにより形成されているため、インクキャビティ30をエッチング形成する際に、プラチナ膜3及びPZT膜4がエッチング液及びエッチング反応生成物によって侵されることを防止できる。したがって、信頼性を向上することもできる。

【0048】次に、図3に示すインクジェット式記録ヘッドの製造方法について、図4を参照して説明する。なお、この実施の形態では、実施の形態1で説明した製造方法と同一の工程については、図2を参照し、その詳細な説明は省略する。

【0049】先ず、図2(1)～図2(3)に示す工程と同様の工程を行った後、図4に示す工程を行う。

【0050】図4に示す工程では、図2(3)に示す工程で行った異方性ウエットエッチングを異方性ドライエッチングに切り替えて、さらに単結晶シリコン基板1をエッチングする。この異方性ドライエッチングは、エッチングガスとして、六フッ化硫黄ガス、あるいはフッ素元素を含む有機ガス、あるいは六フッ化硫黄とフッ素元素を含む有機物の混合ガスを使用し、エッチング後のインクキャビティ20の側壁が目的の形状になるよう反応圧力と前記ガスの混合割合を適宜調整し、基板温度が室温で高周波出力100W～2000Wのエネルギーで5～30分の条件で、シリコン酸化膜2が露出するまで行った。この異方性ドライエッチングにより、側壁7とシリコン酸化膜2との間に、インクキャビティ30の内側に向けて傾くテーパ状の側壁18を形成した。

【0051】このように、図2(1)～図2(3)及び図4に示す工程により、前述した構成のインクキャビティ30を形成した。本実施の形態では、異方性ウエットエッチングと異方性ドライエッチングとの組み合わせによってインクキャビティ30を形成するため、この工程の際に、プラチナ膜3及びPZT膜4がエッチング液及びエッチング反応生成物によって侵されることを防止することができる。

【0052】次に、図2(5)及び図2(6)に示す工程と同様の工程を順次行い、図3に示す構造のインクジェット式記録ヘッドを製造した。

【0053】（実施の形態3）次に、本発明の実施の形態3に係るインクジェット式記録ヘッドについて、図5及び図6を参照して説明する。なお、本実施の形態では、実施の形態1で説明したインクジェット式記録ヘッドと同様の構造については、同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0054】図5は、本発明の実施の形態3に係るインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図、図6は、図5に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【0055】図5に示すインクジェット式記録ヘッド

と、実施の形態 1 に係るインクジェット式記録ヘッド

(図 1 参照) との構造上の違いは、インクキャビティの側壁構造である。実施の形態 3 に係るインクジェット式記録ヘッドのキャビティ 40 は、単結晶シリコン基板 1 の第 2 の面から第 1 の面の近傍までが異方性ウエットエッチングにより形成されており、この部分は、単結晶シリコン基板 1 の第 1 の面に対して略垂直な側壁 7 から構成されている。また、単結晶シリコン基板 1 の第 1 の面の近傍から第 1 の面までが、異方性ドライエッチングにより形成されており、この部分も単結晶シリコン基板 1 の第 1 の面に対して略垂直な側壁 17 から構成されている。

【0056】この構造を備えたインクジェット式記録ヘッドは、インクキャビティ 40 の前記第 1 の面の近傍から第 1 の面までが、異方性ドライエッチングにより形成されているため、インクキャビティ 40 をエッチング形成する際に、PZT 膜 4 がエッチング液によって侵されることを防止できる。したがって、信頼性を向上することができる。

【0057】次に、図 5 に示すインクジェット式記録ヘッドの製造方法について、図 6 を参照して説明する。なお、この実施の形態では、実施の形態 1 で説明した製造方法と同一の工程については、図 2 を参照し、その詳細な説明は省略する。

【0058】まず、図 2 (1) ~ 図 2 (3) に示す工程と同様の工程を行った後、図 6 に示す工程を行う。

【0059】図 6 に示す工程では、図 2 (3) に示す工程で行った異方性ウエットエッチングを異方性ドライエッチングに切り替えて、さらに単結晶シリコン基板 1 をエッチングする。この異方性ドライエッチングは、エッチングガスとして、六フッ化硫黄ガス、あるいはフッ素元素を含む有機ガス、あるいは六フッ化硫黄とフッ素元素を含む有機物の混合ガスを使用し、エッチング後のインクキャビティ 20 の側壁が目的の形状になるよう反応圧力と前記混合ガスの混合割合を適宜調整し、基板温度が室温で高周波出力 100W ~ 2000W のエネルギーで 5 ~ 30 分の条件で、シリコン酸化膜 2 が露出するまで行った。この異方性ドライエッチングにより、側壁 7 とシリコン酸化膜 2 との間に、側壁 7 と同様の垂直な側壁 17 を形成した。

【0060】このように、図 2 (1) ~ 図 2 (3) 及び図 4 に示す工程により、前述した構成のインクキャビティ 40 を形成した。本実施の形態では、異方性ウエットエッチングと異方性ドライエッチングとの組み合わせによってインクキャビティ 40 を形成するため、この工程の際に、プラチナ膜 3 及び PZT 膜 4 がエッチング液及びエッチング反応生成物によって侵されることを防止することができる。

【0061】次に、図 2 (5) 及び図 2 (6) に示す工程と同様の工程を順次行い、図 5 に示す構造のインクジェット

式記録ヘッドを製造した。

【0062】(実施の形態 4) 次に、本発明の実施の形態 4 に係るインクジェット式記録ヘッドについて、図 7 を参照して説明する。

【0063】本実施の形態では、実施の形態 1 で説明した構造のインクジェット式記録ヘッドを、他の方法で製造する方法について説明する。なお、実施の形態 1 と同様の工程については、その詳細な説明は省略する。

【0064】図 7 は、実施の形態 4 に係るインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【0065】まず、図 7 (1) に示す工程では、実施の形態 1 と同様の方法で、単結晶シリコン基板 1 の全面にシリコン酸化膜 2 を形成する。次に、単結晶シリコン基板 1 の第 2 の面に形成されたシリコン酸化膜 2 上のインクキャビティ 20 となる領域以外にレジスト膜 6 を形成する。次いで、このレジスト膜 6 をマスクとして、シリコン酸化膜 2 をウエットエッチングする。

【0066】次に、図 7 (2) に示す工程では、レジスト膜 6 を剥離除去した後、前記ウエットエッチングによりパターンニングされたシリコン酸化膜 2 をマスクとして、実施の形態 1 と同様の条件で、単結晶シリコン基板 1 を異方性エッチングする。このようにして、単結晶シリコン基板 1 のインクキャビティ 20 となる領域に、前記第 1 の面に対して略垂直な側壁 7 を形成する。

【0067】ここで、前記単結晶シリコン基板 1 に対する異方性エッチングは、圧電体素子が形成されていない状態で行われる。したがって、この異方性ウエットエッチング中に圧電体素子が損傷を受けることが全くない。また、圧電体素子に異方性ウエットエッチングに対する保護膜を形成する必要もない。このため、圧電体素子の信頼性が向上するとともに、製造工程を簡略化することができる。

【0068】次に、シリコン酸化膜 2 が形成された単結晶シリコン基板 1 の第 1 の面に、実施の形態 1 と同様の条件で、プラチナ膜 3、PZT 膜 4 及びプラチナ膜 5 からなる圧電体素子を形成する。

【0069】次いで、図 7 (3) に示す工程では、図 7 (1) に示す工程でパターンニングしたシリコン酸化膜 2 をマスクとして、単結晶シリコン基板 1 に、実施例 1 と同様の条件で異方性ドライエッチングを行う。このようにして、図 7 (2) に示す工程で行った異方性ウエットエッチングの停止位置から単結晶シリコン基板 1 をさらに深くエッチングし、側壁 7 とシリコン酸化膜 2 との間に、インクキャビティ 20 の外側に向けて傾くテーパー状の側壁 8 を形成した。

【0070】その後、実施の形態 1 で説明した図 2 (5) 及び図 2 (6) に示す工程を行い、図 1 に示す構造のインクジェット式記録ヘッドを製造した。

【0071】(実施の形態 5) 次に第 5 の実施形態を図 8 に基づいて説明する。なお、これ以降に説明される実

施形態において、インクジェット式記録ヘッドは、図 1 の記録ヘッドを紙面に向かって垂直な切断面によって切断した断面図として図示されている。

【0072】図 8 に示されるものは、図 7 の工程の変形例である。(1) の工程において、シリコン基板 1 の上にシリコン酸化膜 2 を形成する。(2) の工程において、シリコンウエハの第 2 の面のシリコン酸化膜をパターンニングする。(3) の工程では、シリコンウエハ 1 の第 2 の面における二酸化シリコンの開孔部 21 から、シリコンを異方性ウエットエッチング法によりエッチングして、単結晶シリコン基板 1 に、インクキャビティ 20 を形成するためのハーフエッチングを行う。

【0073】(4) の工程では、シリコン基板 1 の第 1 の面に下部電極膜 3、PZT 膜 4、そして、上部電極膜 5 を順次積層する。さらに、(5) の工程において、シリコン基板の第 1 の面にレジスト 80 を形成し、(6) の工程において、上部電極膜 5 と PZT 膜 4 とをエッチングする。

【0074】(7) の工程では、このレジスト 80 を剥離して、(8) の工程において、下部電極エッチング用のレジストマスク 82 を形成する。次いで、(9) の工程において、下部電極をエッチングしてパターンニングする。

【0075】さらに、(10) の工程において、レジスト 82 を剥離させて(11) の工程では、層間絶縁膜 84 を形成し、かつ、上部電極に対する配線 86 を形成する。次いで、(12) の工程において、異方性ドライエッチングによって、インクキャビティ 20 内に残っている単結晶シリコンを素子側のシリコン酸化膜 2 までエッチングする。以上により、図 7 の変形例としてのインクジェット記録式ヘッドが完成される。

【0076】この一連の工程において、シリコン酸化膜を形成した後にウエットエッチングを実施し、工程の最後にドライエッチングを行っている。異方性ウエットエッチングは、KOH などの強アルカリ性水溶液であるため、エッチング時に素子面に耐アルカリ性保護膜を形成する必要があるが、ここでの工程では、PZT などが形成されていない状態でウエットエッチングが行われているために、保護膜を必要とすることなく、信頼性の高いアクチュエータ、インクジェットプリンタヘッドを簡単に形成できる。

【0077】(第 6 の実施形態) この実施形態に係わる工程を図 9 に基づいて説明する。(1) の工程において、単結晶シリコン基板 1 上にシリコン酸化膜 2 を形成する。(2) の工程において、シリコン基板 1 の第 1 の面に下部電極膜 3 を形成する。さらに、シリコン基板 1 の第 2 の面のシリコン酸化膜 2 に開口を形成する。

【0078】次いで、(3) の工程において、下部電極 3 上に保護膜 90 を形成する。(4) の工程において、シリコン基板の第 2 面から異方性ウエットエッチング法

によりシリコンをハーフエッチングする。次いで、

(5) の工程において、前記保護膜 90 を除去する。次いで、工程 (6) において、PZT 膜 4 及び上部電極膜 5 を形成する。以後の工程は、図 7 の (5) に続く。

【0079】この実施形態では、下部電極膜 3 が形成された後に異方性ウエットエッチング法でシリコン酸化膜をハーフエッチングしてウエハ工程の最後にドライエッチングを施している。この工程によれば、圧電体薄膜が形成されていない段階でウエットエッチングを行うので、たとえ、エッチング保護膜 90 の耐エッチング性が完璧でなく、ピンホールがあったとしても、下部電極 3 が Pt や Ir から形成されているために、下部電極に損傷が発生しない。ましてや、保護膜 90 そのものを省略することも可能である。したがって、信頼性が高いアクチュエータ、インクジェットプリンタヘッドを簡単に形成することができる。

【0080】また、ここでの工程において、(2) の工程におけるシリコン基板 1 の第 2 の面におけるシリコン酸化膜のエッチングの際、シリコン基板の第 1 の面におけるシリコン酸化膜が下部電極 3 によって保護されている。したがって、シリコン酸化膜の膜厚が損なわれることが極力防止され、振動板としてのシリコン酸化膜の振動特性が変動するのを防止することが可能となる。

【0081】(第 7 の実施形態) この実施形態を図 10 に基づいて説明する。この実施形態では、(1) の工程において、シリコン基板 1 上にシリコン酸化膜 2 が形成される。(2) の工程では、シリコン酸化膜 2 の上に下部電極膜 3 と PZT 膜 4 を形成する。(3) の工程において、シリコン基板の第 2 の面側のシリコン酸化膜 2 に開口部 21 を形成する。

【0082】(4) の工程において、PZT 膜 4 の上に保護膜 90 を形成する。(5) の工程では、シリコン基板 1 の第 2 の面側に異方性ウエットエッチングによりハーフエッチングを施す。次いで、(6) の工程において、前記保護膜 90 を剥離する。以後の工程は、上部電極膜 5 を形成した後、図 8 の (5) 以降と同じ工程を辿る。

【0083】ここでの工程において、圧電体薄膜 4 を形成した後にウエットエッチング法でシリコンをハーフエッチング(被エッチング層の途中までエッチングすること。)して、工程の最後にドライエッチングを施しているが、素子側にまだフォトリソグラフィ工程が行われていない段階でのウエットエッチングであるので、ウエハ上に異物などの汚染がなく、エッチング保護膜 90 にピンホールなどの欠陥がない。したがって、圧電体薄膜にダメージがなくインク室キャビティを形成することが可能となる。

【0084】(第 8 の実施形態) この実施形態では、図 11 の (1) の工程にあるように、シリコンウエハ 1 にシリコン酸化膜 2、下部電極膜 3、PZT 薄膜 4、上部

電極膜5を順次形成する。次いで(2)の工程において、シリコンウエハの第2の面のシリコン酸化膜2に開口部21を形成する。(3)の工程では、シリコン酸化膜の開口部21からシリコンをハーフエッチングする。以後は、図8の(5)以降の工程に続く。

【0085】ここでの一連の工程では、上部電極膜5を形成した後にウエットエッチング法でシリコンをハーフエッチングしてウエハ工程の最後にドライエッチングを施している。この工程によると、上部電極膜の材質がPt、Irなどの貴金属であるために、上部電極が保護膜となって、PZT膜に損傷が発生するのを防止する。

【0086】(第9の実施形態)この実施形態を図12に基づいて説明する。(1)の工程において、シリコンウエハ1の上にシリコン酸化膜2、下部電極膜3、圧電体薄膜4、そして、上部電極膜5を順次形成する。

(2)の工程では、シリコンウエハの第1の面及び第2の面に、レジスト80をそれぞれ形成する。

【0087】次いで、(3)の工程では、シリコン基板1の第2の面のシリコン酸化膜2に開口部21を形成する。次いで、(4)の工程において、上部電極膜5とPZT薄膜4とをエッチングする。(5)の工程では、シリコン基板の両面のレジストを剥離除去する。(6)の工程は、シリコン基板の第1の面に保護膜90を形成する。

【0088】(7)の工程では、シリコン基板の第2の面に於けるシリコン酸化膜2に開口部を形成し、次いで、異方性ウエットエッチング法によってシリコンをハーフエッチングする。次いで(8)の工程で、保護膜90を除去する。以後は、図8の(8)の工程に続く。

【0089】これらの工程では、圧電体素子の主要な部分が形成されてから、ウエットエッチング法でシリコンをエッチングし、最後にドライエッチングを施している。この実施形態では、有機薄膜による層間絶縁膜を形成する前にウエットエッチングを施すので、保護膜90として有機膜を選定することができる。有機膜は、スパインコーティングなどの簡単な方法で形成できるので、工程の簡素化につながる。工程が簡素化できるために、歩留まりを向上しながら、信頼性の高い圧電体素子を形成することが可能となる。

【0090】(第10の実施形態)次に、第10の実施形態を、図13を用いて説明する。この実施形態の

(1)～(5)の工程は、図12のそれと同じである。

(6)の工程では、下部電極膜3上にこの電極のパターンに合わせてレジスト80形成する。(7)の工程では、レジスト81をマスクにして下部電極膜3をパターンニングする。(8)の工程では、レジストを剥離する。

(9)の工程では、シリコン基板の電極側に保護膜90を形成し、シリコン基板の第2の面側にあるシリコン酸化膜の開口部21からシリコンを異方性ウエットエッチング法によってエッチングする。(10)の工程では、保

護膜90を除去する。

【0091】これらの工程では、下部電極膜3をエッチングしてからウエットエッチング法でシリコンをハーフエッチングする。このようにすると次のような効果が得られる。

【0092】下部電極の材料には、PtやIr等の貴金属が使用されている。エッチング保護膜には、フッ素樹脂の有機高分子膜が利用されるが、このフッ素系有機高分子膜は、PtやIrとの密着性が低く、ウエットエッチング時にエッチング保護膜が剥離する問題がある。しかしながら、下部電極をエッチングした後は、酸化シリコン膜2が露出するので、酸化シリコン膜とエッチング保護膜がより密着してウエットエッチング工程で保護膜が剥離することがない。したがって、高い歩留まりで信頼性が高い圧電体薄膜素子を得ることが可能となる。

【0093】(第11の実施形態)次に、第11の実施形態を図14を用いて説明する。図14の(1)～

(7)の工程は、図13の(1)～(8)の工程と同じである。図14の(8)の工程では、シリコン基板の圧電体素子側の層間絶縁膜84を形成する。(9)の工程では、さらに、保護膜を積層する。(10)は異方性ウエットエッチング法により、シリコン酸化膜の開口部21から、シリコンをハーフエッチングする。

【0094】(11)の工程では保護膜を除去し、上部電極5に通ずる配線を形成する。(12)の工程では、異方性ドライエッチングによってシリコンを第1の面にあるシリコン酸化膜2が露出するまでエッチングする。

【0095】これらの工程によれば、層間絶縁膜を形成した後に、ウエットエッチング工程を実施し、工程の最後にドライエッチング工程を施すことにより、次のような利点を達成することができる。

【0096】フッ素系高分子膜であるエッチング保護膜と密着性が低い貴金属材料からなる下部電極が、層間絶縁膜で完全に被覆されているので結果的にエッチング保護膜は下部電極と接触することなく、密着性が高い層間絶縁膜に積層している。したがって、ウエットエッチング時にエッチングであるKOH水溶液によるダメージが圧電体素子に発生することはない。

【0097】(第12の実施形態)さらに次の実施形態を、図15を利用して説明する。図15の(1)より前の工程は、図14の(1)～(8)の工程と同じであるので省略する。(1)の工程では、層間絶縁膜84上に上部電極5に導通する配線86を形成する。(2)の工程では、さらに保護膜90を形成する。(3)の工程では、異方性ウエットエッチングによりシリコン酸化膜2の開口からシリコンをハーフエッチングする。

【0098】(4)の工程では、保護膜90を剥離除去する。(5)の工程では、異方性ドライエッチングによりシリコン酸化膜の開口部残りのシリコンをエッチングする。なお、(4)と(5)との工程を入れ替えても良

い。

【0099】さらに、最終工程として、耐環境保護膜150を工程(6)にて形成し、最後にノズルプレート160をインクキャビティ20の側に貼り付ける等してインクジェット式プリンタヘッドを完成させる。

【0100】この実施形態においては、配線工程の後にウエットエッチング工程を実施し、ウェハプロセスの最後にドライエッチング工程を施している。保護膜を工程(5)の後に剥離すれば、ウエットエッチングとドライエッチングを連続して実施することになる。したがって、シリコンウェハの厚みは200 μ m程度であれば、ウエットエッチングによるキャビティ(あるいはグリアフラム)のハーフエッチングの深さは、180 μ m程度である。ハーフエッチング状態のウェハを、各種成膜、フォトリソグラフィーの工程を通すと、様々な汚染に曝される。ハーフエッチング状態のキャビティ(あるいはグリアフラム)に、微粒子などの異物が溜まりやすく洗浄除去しにくい。

【0101】そこで、この実施形態のようにウエットエッチングとドライエッチングを連続して実施すれば、微粒子などの汚染がキャビティ(あるいはグリアフラム)に入ることがないので、大変信頼性が高く、歩留まりの高いアクチュエータ、インクジェットプリンタヘッドを製造することが出来る。

【0102】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明に係るインクジェット式記録ヘッドは、インクキャビティの圧電体素子に近い部分を異方性ドライエッチングにより形成した構造を有している。したがって、インクキャビティを形成する際に、圧電体素子に悪影響を及ぼすことを防止できる。この結果、信頼性の高い圧電体素子を備えたインクジェット式記録ヘッドを提供することができる。

【0103】また、前記インクキャビティの圧電体素子に近い部分を、当該インクキャビティの外側に向けて傾くテーパーから構成することで、前記効果に加え、インクキャビティの壁のコンプライアンスは、従来のインクジェット式記録ヘッドのそれと殆ど変わらないにもかかわらず、シリコン酸化膜及び下電極のコンプライアンスを大きくとることができる結果、圧電体素子の変位量を大きくとることができるため、インクを高速で大量に吐出することができる。

【0104】一方、前記インクキャビティの圧電体素子に近い部分を、当該インクキャビティの内側に向けて傾くテーパーから構成すれば、前記効果に加え、インクキャビティ内に收容されたインクのイナータンスを大きく、さらに振動板及び下電極のコンプライアンスを小さくすることができる。したがって、振動板の変位量が小さくても従来より微少のインクを高速に吐出することができる。この結果、従来より高密度、高精細な印画を突

現することができる。

【0105】そしてまた、単結晶シリコン基板に異方性ウエットエッチングを行った後、圧電体素子を形成し、その後、異方性ドライエッチングを行うことによりインクキャビティを形成することで、圧電体素子が前記異方性ウエットエッチングにより損傷を受けることが全くない結果、圧電体素子の信頼性をより向上することができる。また、圧電体素子に異方性ウエットエッチングに対する保護膜を形成する必要もなく、製造工程を簡略化することができる。

【0106】また、本発明に係るインクジェット式記録ヘッドは、ノズル板形成用の膜を成膜し、これにノズル開口を形成するため、ノズル板の形成を簡単に行うことができる。この結果、大量生産を容易に行え、コストダウンを図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図である。

【図2】図1に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【図3】本発明の実施の形態2に係るインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図である。

【図4】図3に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【図5】本発明の実施の形態3に係るインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図である。

【図6】図5に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【図7】本発明の実施の形態4に係るインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す工程断面図である。

【図8】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

【図9】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

【図10】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

【図11】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

【図12】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

【図13】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

【図14】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

【図15】本発明のさらに他の実施形態に係る同工程断面図である。

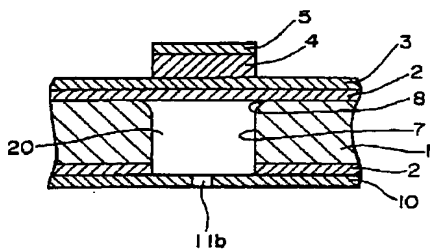
【符号の説明】

- 1 単結晶シリコン基板
- 2 シリコン酸化膜
- 3 プラチナ膜

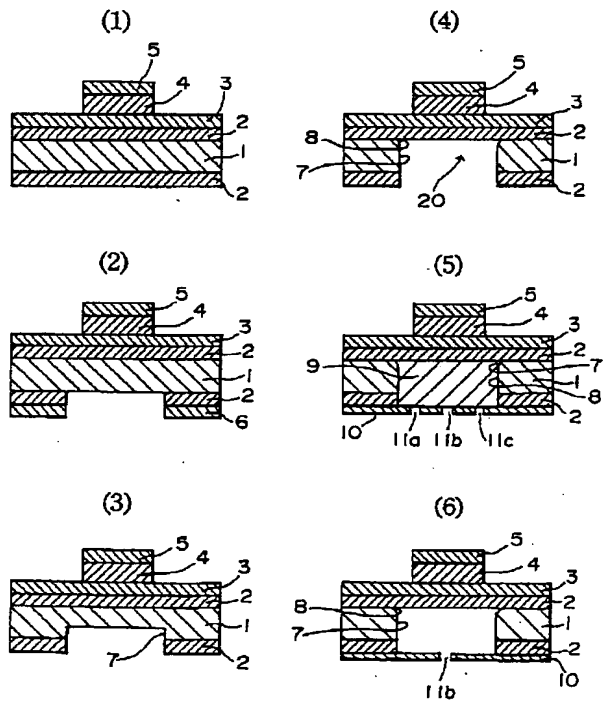
- 4 PZT膜
- 5 プラチナ膜
- 6 レジスト膜
- 7 側壁
- 8 側壁
- 9 非晶質シリコン
- 10 ノズル板
- 11b ノズル開口
- 20 インクキャビティ

- 21 シリコン酸化膜に形成されたウエットエッチング用開口部
- 30 インクキャビティ
- 40 インクキャビティ
- 80 レジスト
- 84 層間絶縁膜
- 86 配線
- 90 ウエットエッチング用保護膜

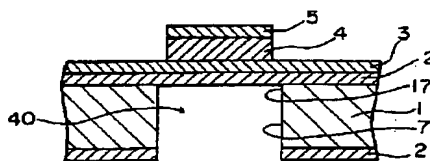
【図1】



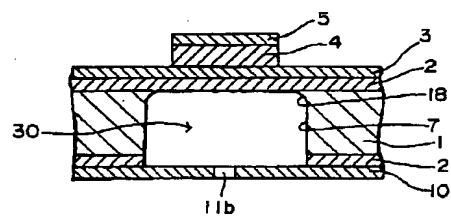
【図2】



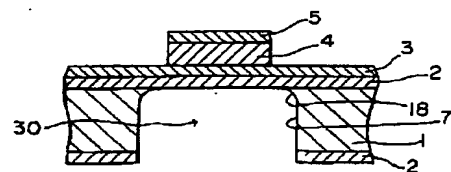
【図6】



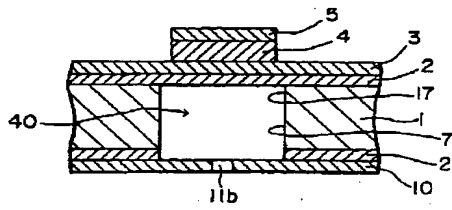
【図3】



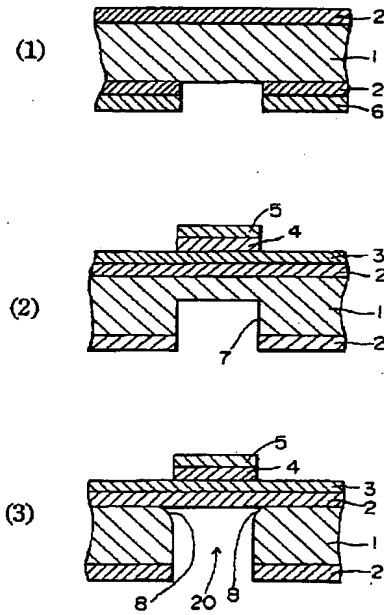
【図4】



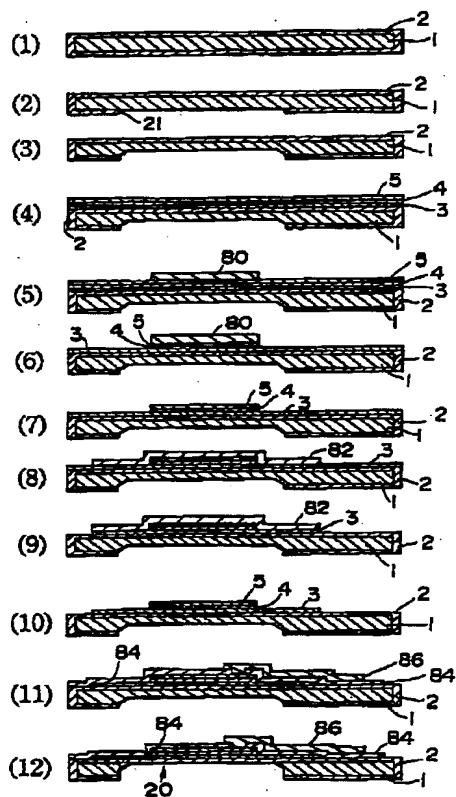
【図 5】



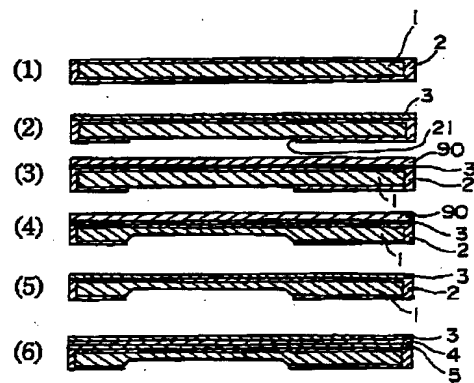
【図 7】



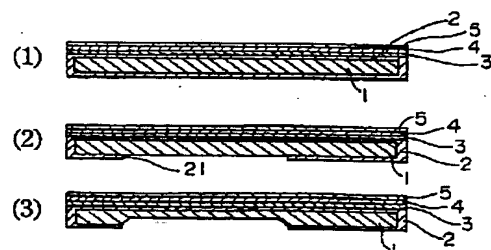
【図 8】



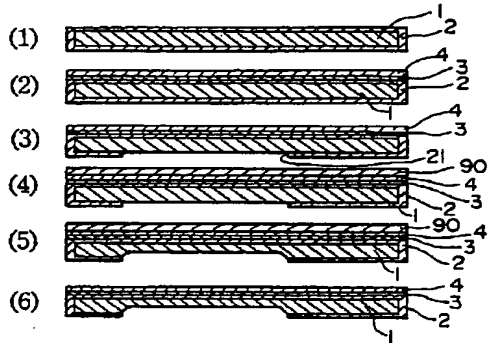
【図 9】



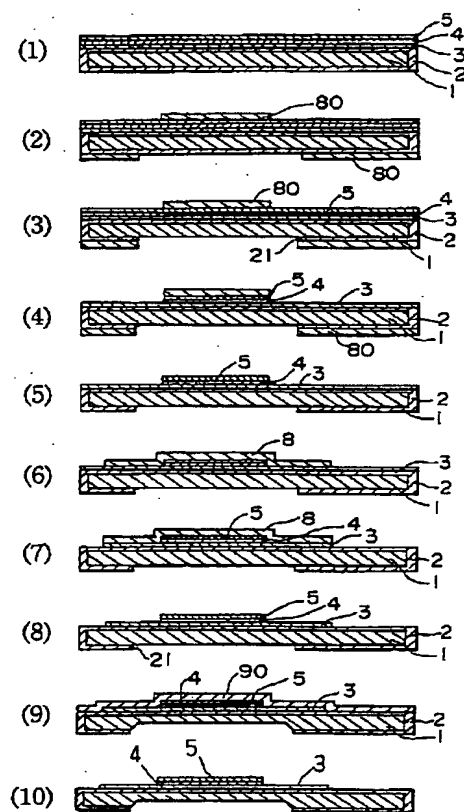
【図 11】



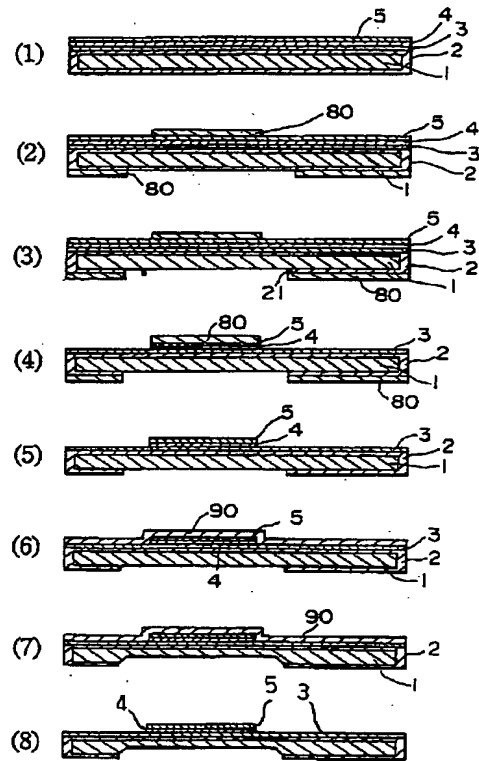
【図 10】



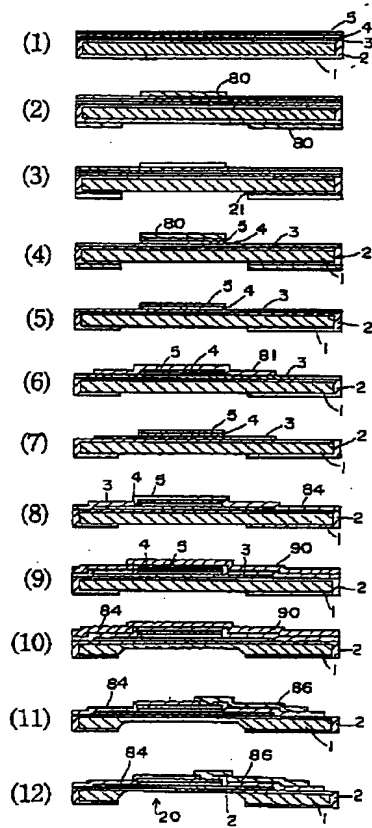
【図 13】



【図 12】



【図 14】



【図 15】

